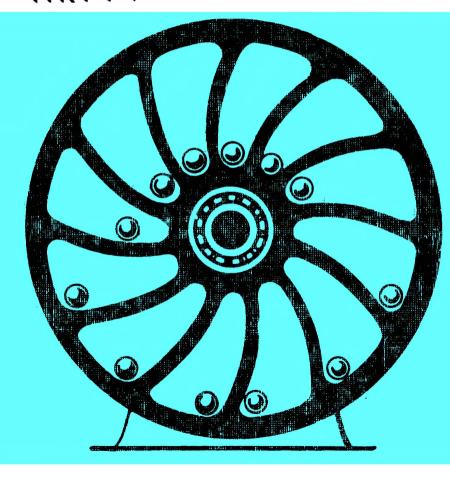
# यान्इ पेरेलमान मनोरंजक भौतिकी





# Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

# ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

КНИГА 2

# या इ. पेरेलमान मनोरंजक भौतिकी

2



मीर प्रकाशन, मास्को



पीपुल्स पब्लिशिंग हास्स (प्रा-) लिमिटेस ४ ई, राजी माती रोव, नई बिल्जी-११००४४



राजस्थान पीपुल्स पब्लिशिंग हाउस(¶)ति. <sub>चमेतीवाला मा</sub>र्कट, स्म. आई. रोड, जयपुर ३०२००। अनुवादक: देवेंद्र प्र. वर्मा

PHYSICS FOR ENTERTAINMENT

Ya. Perelman

Book 2.

на языке хинди

सोवियत संघ में मुद्रित संस्करण प्रथम, 1982

संस्करण द्वितीय , 1988

© हिन्दी अनुवाद, मीर प्रकाशन, 1982

ISBN 5-03-000433-5

ISBN 5-03-000432-7

# विषय-सुची

| संपादकीय · · · · · · · · · · · · · ·  |
|---|
| प्रक्तथन 10   |
| मध्याय 1. यांत्रिकी के मूल नियम 13  |
| याता का सबसे सस्ता उपाय (13). "थम जा, पृथ्वी !" (15). हवाई जहाज से चिट्ठी (18). बमबारी (20). रेल-गाड़ी, जो रुकती नहीं (21). चलते फूटपाथ (23). कठिन नियम (24). स्वेतगिरि-विकमबली की मृत्यु (26). क्या विना ग्रालंब के चल सकते हैं? (27). राकेट क्यों उड़ता है? (28). मसिधर   |
| कैसे तैरता है? (31). राकेट में सितारों की श्रोर (32).<br>श्रध्याय 2. इत, कार्य, धर्षण 35  |
| हंस, झींगा और रोहू $(35)$ . किलोव के विपरीत $(37)$ . क्या ग्रंडे के खोल को तोड़ना सरल है? $(40)$ . हवा के विरूद्ध पाल $(42)$ . ग्राकंमेडिस पृथ्वी उठा लेता या नहीं? $(45)$ . जूल वेर्न का भीम ग्रौर ऐलर का सूत्र $(47)$ . गाँठ की मजबूती $(50)$ . यदि घर्षण नहीं होता $(51)$ . "चेल्यूस्किन" की दुर्घटना के भौतिक कारण $(54)$ . संतुलित डंडा $(56)$ . |
| म्रच्याय <b>3. चक्र</b> गति 59  |
| नाचता लट्टू नहीं गिरता (59). बाजीगरी (61). कोलंबो की<br>समस्या का नया हल (63). "नष्ट" गुरूत्व (64). म्राप<br>ग्रौर गैलीली (66). मेरी ग्रापकी बहस (68). बहस का   |

| ग्रंत (70). ''तिलस्मी'' गोले में (70). द्रव निर्मित दूरदर्शी<br>(76). ''शैतान का फंदा'' (76). सरकस का गणित (78).<br>डंडीमारी (80).   |
|--|
| ब्रध्याय 4. गुरुत्वाकर्षण बल   |
| गुरुत्वाकर्षण बल की मात्ना (82). पृथ्वी को रोकने के लिये फौलादी रस्सा (84). गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव से कैसे बचें? (85) चंद्रमा की स्रोर (87). चांद पर स्राधा घंटा (88) चांद पर चांदमारी (90). तलहीन कुएं में (92). जादूई पथ (95). सुरंग कैसे खोदते हैं? (97).   |
| प्रध्याय 5. तोप से यात्रा 99   |
| न्यूटन का पहाड़ (99). विराट तोप $(101)$ . भारी-भरकम टोप $(102)$ . चोट कम करने का उपाय $(103)$ . गणित-प्रेमियों के लिये $(104)$ .   |
| म्रध्याय 6. गैस भ्रौर द्रव के गुण  |
| समुद्र, जिसमें डूबते नहीं (107). हिम-भंजक कैसे काम करता है? (110) इबे हुए जहाज कहां हैं? (112). जूल वेर्न श्रीर वेल्स के सपने कैसे साकार हुए (115). "साद्को" का उद्धार (118). "शाश्वत" जल-चिल्लद्ध (119). "गैस" श्रीर "एटमोस्फेयर" शब्द किसकी देन हैं? (122). सरल प्रश्न? (123). हौज का प्रश्न (125). श्रश्चर्यजनक बरतन (127). हवाई बोझ (128). हिरोन के फव्वारों का नया रूप (132) शरारती बरतन (134). श्रौंधे गिलास में पानी का भार कितना होगा? (135). जहाजों का पारस्परिक श्राकर्षण (136). बर्नशी सिद्धांत श्रीर उसके निष्कर्ष (140). मछली के पेट में बैलून (143). लहर श्रीर भंवर (145). पृथ्वी की गहराइयों में (150). फल्पना श्रीर गणित (152). गहरे खान में (155). गुष्कार ग (157). |

| श्रध्याय 7. ताप-संवृतियां   |
|---|
| पंखा (160). हवा में ठंड क्यों लगती है? (160). मरू का ऊष्म उच्छ्वास (162). झीने घूघट से गर्मी? (162). शीतकारी घड़ा (163). बिना ग्रोला ठंड (164). हम कितनी गर्मी सहन कर सकते हैं? (165). तापमापी या दाबमापी (167). लालटेन में शीशा किस लिये हैं? (168). लपट ग्रपने ग्राप क्यों नहीं बुझती? (169) जूल वेर्न के उपन्यास का ग्रलिखित ग्रध्याय (170). भारहीन रसोई (170). पानी ग्राग क्यों बुझाता है? (176). ग्राग से ग्रिगि-शमन (177). उबलते पानी से पानी उबालना (180). क्या पानी को बर्फ से खौलाया जा सकता है? (181). बैरोमीटर का शोरबा (183). क्या उबलता पानी हमेशा गर्म होता है? (185). गर्म बर्फ (188). कोयले से ठंड (188). |
| ग्रध्याय 8. चुंबकत्व विद्युत  |
| "प्यार भरा पत्थर" (190). कंपास का एक प्रश्न (191). चुंबकीय बल-रेखायें (192) इस्पात का चुंबकीकरण कैंसे होता है (194). भीमकाय विद्युतीय चुंबक (196). चुंबक से जादू (198). खेती में चुंबक (199). चुंबकीय विमान (200). "मुहम्मद के ताबूत" की तरह (201). विद्युतचुंबकीय गाड़ी (204). पृथ्वीवासियों के साथ मंगलवासियों का युद्ध (206). घड़ी ग्रौर चुंबकत्व (208). चुंबकीय "शाश्वत" चिलव (210). संग्रहालयों की समस्या (211). एक ग्रौर काल्पिनक शाश्वत चिलव (212). लगभग शाश्वत चिलव (213). बिजली के तार पर चिड़िये (215). तिड़त-प्रकाश (216). तिड़त की कीमत (217). कमरें में मुसलाधार वर्षा (219).                                |
| ग्रध्याय १. प्रकाश का परावर्तन ग्रौर ग्रपवर्तन. दृष्टि 221  |
| पंच-पक्षीय चित्र (221). सौर चलित्न स्रौर सौर तापित्न (222).<br>स्रदृश्य करने वाली टोपी (235). स्रदृश्य स्रादमी (227). स्रदृश्य  |

म्रादमी की शक्ति (230). पारदर्शक प्रासाघन (231). क्या म्रदृश्य म्रादमी देख सकता है? (232). रक्षी रंग (234). सुरक्षा-रंग (235). पानी में म्रादमी की म्रांख (236). गोताखोर कैसे देखता है? (238). काँच के लेंस पानी में (238). म्रनुभवहीन तैराक (239). म्रदृश्य सुई (242). पानी में से वाह्य जगत (245). पानी की गहराइयों में रंग (250). म्रांख में म्रंघा स्थल (252). चांद कितना बड़ा प्रतीत होता है? (255). नक्षतों के दृश्य-म्राकार (258). "स्फिक्स". एडगर पो की कहानी (261). सूक्ष्मदर्शी से बड़ा क्यों दिखता है? (264). चाक्षुष म्रात्मवंचनायें (267). दर्जियों के लिये लाभदायक भ्रम (268). क्या बड़ा है? (269). क्ल्पना की शक्ति (269). चंद म्रोर दृष्ट-भ्रम '(271). यह क्या है? (274). म्रसाधारण चक्के (275). प्राविधि में "काल-सूक्ष्मदर्शी" (277). निपकोव-चक्र (279). खरहा ऐंचा क्यों? (281). म्रंधेरे में सभी बिल्लियां भूरी क्यों? (282)

## **प्रध्याय 10. ध्वनि. लहरदार गति ........ 284**

ध्विन व रेडियो-तरंगें (284). ध्विन ग्रौर बंदूक की गोली (285). मिथ्या विस्फोट (285). यदि ध्विन-वेग घट जाये... (287). सबसे मंद वार्ता (287). क्षिप्रतम पथ (288). नगाड़े से टेलिग्राफ (289). ध्विन-कुहरे ग्रौर हवा से प्रतिध्विन (291). ध्विनहीन ध्विन (293). प्राविधि में पराध्विन (294). लीलीपुट ग्रौर गुलीवर के स्वर (296). दिन में दो बार दैनिक पत्न (297). इंजन की सीटी (298). डोप्लर संवृति (300). किस्सा एक जुर्मान का (301). ध्विन-वेग से (303).

## संपादकीय

या. इ. पेरेलमान की "मनोरंजक भौतिकी" बीसवें रूसी संस्करण का हिंदी अनुवाद है। लेखक अनेक वर्षों तक पुस्तक को संसाधित एवं संवर्धित करते रहे। उनके योगदान से तैयार किया गया अंतिम (तेरहवां) संस्करण 1936 में प्रकाशित हुआ था। आगे के संस्करणों में कोई मौलिक परिवर्तन लाने का प्रयत्न नहीं किया गया है। भौतिकी की नवीनतम उपलब्धियों को इस पुस्तक में प्रतिबिंबित करने का अर्थ है पुस्तक का आकार काफी बड़ा कर देना और इसके रूप को बदल देना। दोनों ही बातें पुस्तक की आत्मा के प्रतिकूल होतीं। लेखक द्वारा संकलित विषय-सामग्री आज भी अद्यतन है: वह भौतिकी के मूलभूत नियमों को समझाने का प्रयत्न करती है। उदाहरणार्थ, लेखक द्वारा वर्णित अंतरिक्षी उड़ान के सिद्धांत आज भी सही हैं। जहाँ तक इस क्षेत्र की तथ्यपरक सामग्री का संबंध है, उन्हें अन्य पुस्तकों से प्राप्त किया जा सकता है।

नये संस्करणों में सिर्फ पुराने श्रांकड़ों को बदला गया है; बाद में ग्रसफल सिद्ध हुई योजनाग्रों के वर्णन को हटा दिया गया है ग्रौर चंद नयी बातों व टिप्पणियों को जोडा गया है।

# प्राक्कथन (तेरहवें संस्करण से)

द्वितीय भाग पुस्तक के प्रथम भाग का उत्तरार्घ नहीं है; दोनों पुस्तकें एक दूसरे से स्वतंत्र संकलन हैं। प्रथम संकलन की सफलता से प्रेरित हो कर लेखक ने ग्रन्य इकित्तत सामग्रियों को संसाधित करने का निश्चय किया, जिसका परिणाम पाठकों के समक्ष है। इसमें भौतिकी के उन्हीं ग्रध्यायों पर मनन किया गया है, जिनपर पहले भाग में किया गया था।

संकलनकर्ता ने पहले की तरह ही पाठकों को नया ज्ञान देने का विशेष प्रयत्न नहीं किया है; उसने पाठकों के ज्ञान को सजीव बनाने और उसे नयी स्फूर्ति प्रदान करने की चेष्टा की है। पुस्तक का लक्ष्य पाठक में वैज्ञानिक कल्पनाशक्ति को जागृत करना और समस्याओं पर भौतिकी की आत्मा के अनुरूप मनन करने की योग्यता का विकास करना है, तािक वह अपने ज्ञान का बहुमुखी प्रयोग कर सके। इसीिलये "मनोरंजक भौतिकी" में आकर्षक व लुभावने प्रयोगों को गौण स्थान दिया गया है और मुख्य स्थान भौतिकी से संबंधित पहेिलयों, रोचक समस्याओं, शिक्षाप्रद विरोधाभासों, सारगिर्भत प्रश्नों और भौतिकीय संवृत्तियों की तुलनाओं आदि को दिया गया है। ऐसी सामग्रियों की खोज के लिये संकलनकर्ता को दैनंदिन जीवन की घटनाओं, विज्ञानगल्प के पृष्ठों और प्रकृति व प्राविधि का आश्रय लेना पड़ा है। ये वे क्षेत्र हैं, जो पाठ्य-पुस्तक व भौतिकी की प्रयोगशाला की सीमा से बाहर हैं और जिज्ञासु पाठक का ध्यान आकर्षित कर सकते हैं।

पुस्तक गंभीर अध्ययन के लिये नहीं लिखी गयी है; इसे विध्वाम के क्षणों में सिर्फ समय के सार्थक उपयोग के लिये पढ़ा जा समला है। इसी बात को ध्यान में रख कर लेखक ने गैली को यथासंभव रावक बनाने का प्रयत्न किया है। लेखक का विश्वास है कि विषय में धीन से ध्यान

केंद्रित होता है, चिंतन-िक्रया तीव्र होती है और विषय के सचेत ग्रत्मसातन की संभावना बढ जाती है।

भौतिकीय कलन के प्रति रुचि जागृत करने के लिये इस संकलन के चंद निबंधों में कलन की प्रक्रियायें भी दिखायी गयी हैं (जो प्रथम पुस्तक में बिल्कुल नहीं की गयी थी)।

इस प्रकार, प्रस्तुत पुस्तक में ऐसी सामग्री का समावैश किया गया है, जिसके लिये पाठकों को विशेष ज्ञान की ग्रावश्यकता पड़ सकती है। फिर भी "मनोरंजक भौतिकी" की प्रथम व द्वितीय पुस्तकों के बीच ग्रंतर इतना नगण्य है कि इन्हें किसी भी कम में पढ़ा जा सकता है।

"मनोरंजक भौतिकी" की तीसरी पुस्तक नहीं है; इसके बदले में लेखक की अन्य पुस्तकें हैं: "मनोरंजक यांत्रिकी" श्रौर "क्या आप भौतिकी जानते हैं?"। खगोलशास्त्र पर एक पुस्तक अलग से है: "मनोरंजक खगोलशास्त्र"।

या . पेरेलमान

1936

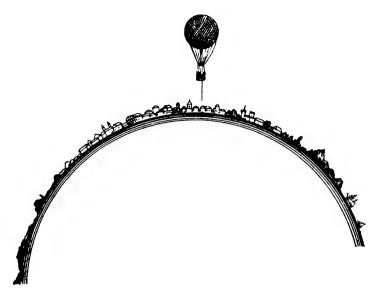
# यांत्रिको के मूल नियम

#### यात्रा का सबसे सस्ता उपाय

XVII -वीं शती के कुशाग्रबुद्धि फांसीसी लेखक सिरानो दे बेर्जेराक ग्रपनी व्यंग्यात्मक कृति "चंद्रमा के राज्य का इतिहास" (1652 ई.) में एक ग्राश्चर्यजनक घटना का वर्णन करते हैं, जो मानो उनके साथ घटी थी। भौतिकी का कोई प्रयोग करते वक्त एक बार वे ग्रचानक ग्रपने उपकरणों समेत हवा में काफी ऊपर उठ ग्राये। कुछ घंटों बाद जब वे पुनः धरती पर उतरने में सफल हुए, तो उनके ग्राश्चर्य का ठिकाना न रहाः वे ग्रपने सगे फांस तो क्या, युरोप में भी नहीं थे; वे उत्तरी ग्रमेरिका महादेश पर कनाडा में थे। ऐटलांटिक महासागर के पार इस ग्राशातीत उड़ान को फांसीसी लेखक ने बिल्कुल स्वाभाविक माना। उन्होंने समझाया कि जबतक वे घरातल से ग्रलग थे, हमारे ग्रह ने पहले की तरह ही ग्रपनी धुरी पर पूरब की दिशा में ग्रपना घूर्णन जारी रखा। इसीलिये जब वे पृथ्वी पर उतरे, उनके पैरों के नीचे फांस की बजाय ग्रमेरिका महादेश ग्रा गया।

लगता है कि यात्रा करने का कितना म्रासान व सस्ता उपाय है। जमीन से ऊपर उठ म्राये, कुछ मिनट हवा में रूके रहे म्रौर दूर पिश्चम में बिल्कुल नये स्थान पर उतर म्राये। महादेशों व महासागरों की यात्रा से थकने की बजाय पृथ्वी से ऊपर उठ कर इंतजार करना चाहिये कि कब वह स्वयं घूमती हुई म्रापकी मंजिल म्रापके पैरों तले पहुंचा दे।

पर अप्रसोस कि यह अनूठी विधि कोरी कल्पना के सिवा कुछ भी नहीं है। प्रथमतः, हवा में ऊपर उठ कर हम पृथ्वी के गोले से अलग नहीं हो जाते: हम उसके गैसीय आवरण के सहारे उससे जुड़े रहते हैं, उसके वातावरण में लटके रहते हैं, जो स्वयं भी पृथ्वी के अक्षीय घूर्णन में साथ देता रहता है। हवा (या और सही कहें, तो हवा की निचली अधिक घनी परत) पृथ्वी के साथ घूमती रहती है और जो कुछ भी उसमें होता



चित्र 1. क्या ऐरोस्टैंट से पृथ्वी का घूर्णन दिख सकता है? (चित्र में सही पैमाने पर ध्यान नहीं दिया गया है।)

है,—बादल, विमान, उड़ते पक्षी, कीड़े-पतंगे म्रादि,—सबों को भ्रपने साथ पृथ्वी की धुरी के गिर्द घुमाती रहती है। यदि हवा पृथ्वी के साथ नहीं घूमती होती, तो हम हमेशा हवा का तेज बहाव भ्रनुभव करते; इतना तेज की उसके सामने बड़ी से बड़ी म्रांधी भी समीर के हल्के झोंके सी लगती। वयोंकि इससे कोई फर्क नहीं पड़ता कि हम एक स्थान पर रूके हैं भ्रौर हवा हमारे पास से गुजर रही है या हवा म्रचल है भ्रौर हम उसमें गतिमान हैं। दोनों ही हालतों में हम हवा के तेज बहाव को महसूस करेंगे। मोटरसाइकिल पर 10 km/h के वेग से गतिमान व्यक्ति शांत मौसम में भी श्रत्यंत तेज हवा महसूस करता है।

 $<sup>^1</sup>$  भयंकर ग्रांधी, प्रभंजक (हरीकेन), का वेग है  $40\,\mathrm{m}$  प्रति सेकंड या  $144\,\mathrm{km}$  प्रति घंटे। पृथ्वी हमें लेनिनग्राद के ग्रक्षांश पर (उदाहरणार्थ) हवा के बीच  $230\,\mathrm{m}$  प्रति सेकेंड या  $828\,\mathrm{km}$  प्रति घंटे के वेग से घुमाती!

यह तो पहली बात हुई। दूसरी बात: यदि हम वातावरण की ऊपरी परतों तक उठ ग्राते या यदि वातावरण होता ही नहीं, तो भी हम याता के इस सस्ते उपाय को काम में नहीं ला सकते, जिसकी फ्रांसीसी लेखक ने कल्पना की है। घूर्णनरत पृथ्वी के तल से ग्रलग हो कर भी हम जड़त्व के कारण पुराने वेग से गतिमान रहते हैं। पुराने वेग से तात्पर्य है उस वेग से, जिससे हमारे पैरों तले पृथ्वी घूमती रहती है। जब हम पुन: नीचे उतरते हैं, हम ग्रपने को उसी स्थान पर पाते हैं, जहां से ऊपर उठे थे। यह वैसी ही बात हुई, जैसे ट्रेन के डिब्बे में उछलने पर डिब्बे के सापेक्ष हम उसी पुराने स्थान पर गिरते हैं। यह सत्य है कि जड़त्व के कारण हम सरल रेखा पर (स्पर्शरेखा की दिशा में) गतिमान रहते, जबिक हमारे नीचे पृथ्वी गोल परिधि पर गतिमान रहती है; पर समय के छोटे ग्रंतरालों में इसका कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

# "थम जा, पृथ्वी!"

विख्यात श्रंग्रेज लेखक हरबर्ट वेल्स का एक विज्ञानगल्प है, जो एक चमत्कारी क्लर्क के बारे में लिखा गया है। युवक कोई ज्यादा श्रक्लमंद नहीं था, पर भाग्यवश एक अनूठा वरदान उसके हाथ लग गया: जो कुछ भी वह चाहता था, उसके बोलते ही पूरा हो जाता था। पर कहानी से पता चलता है कि इतना शक्तिशाली वरदान भी उसे या ग्रन्य लोगों को दुख के सिवा ग्रौर कुछ नहीं दे सका। हम इस कहानी के ग्रंत से कुछ शिक्षा ग्रहण कर सकते हैं।

एक जगह रात भर पीने के बाद सुबह उजाले में घर लौटने के डर से चमत्कारी क्लर्क ने सोचा कि क्यों न रात को और लंबी कर दी जाये। पर कैंसे यह किया जाये? आकाश के सारे तारों को आज्ञा देना पड़ता कि वे अपना चलना बंद कर दें। इतना बड़ा काम करने में वह डर रहा था और जब उसके साथी ने चांद को रोक लेने की सलाह दी, तो उसने गौर से आकाश में देखा और सोच में डूबे हुए स्वर में कहा:

<sup>&</sup>quot;-मुझे लगता है कि इस काम के लिये वह कुछ ज्यादा ही दूर है.... स्राप क्या सोचते हैं...?

- कोशिश तो करें। मेडिंग (यह साथी का नाम था या. पे.) जिद कर रहा था। - वह तो निश्चय ही नहीं रूकेगा; स्राप सिर्फ पृथ्वी का घूमना बंद कर दें। उम्मीद है कि इससे किसी को नुकसान नहीं होगा।
- -हूँ,-फोटेरिंग (क्लर्क--या. पे.) ने कहा।-ठीक है, देखता हूँ।...

वह म्राज्ञा देने की मुद्रा में खड़ा हो गया भ्रौर हाथ उठा कर घोषित किया:

- थम जा, पृथ्वी! बंद कर घूमना!

उसका कहना खत्म भी नहीं हुम्रा था कि उसके मित्र प्रति मिनट कुछेक दर्जन मील की गति से उड़ चले।

इसके बावजूद भी उसने सोचना जारी रखा। एक सेकेंड भी नहीं बीता कि उसने सोच कर मन ही मन कह दिया:

- फल जो भी हो, मेरा बाल बाँका न हो; मैं जीवित रहाँ।

मानना पड़ेगा कि यह इच्छा ऐन मौके पर प्रकट हुई थी। चंद सेकेंड बाद ही वह एक ताजे खुदे गडढे में जा गिरा। उसके ऊपर से इँट-पत्थर, मकानों के टुकड़े, लोहे-लक्कड़ आदि उड़-उड़ कर गुजर रहे थे, पर गड्ढे में उसे चोट का कोई खतरा न था। जमीन से टकरा कर चूर हुई एक बेचारी गाय उड़ रही थी। हवा की गित भयानक रूय से तेज थी। वह इधर-उधर कुछ देखने के लिये भी सर थोड़ा ऊपर नहीं उठा सकता था।

- कुछ समझ में नहीं म्राता, - उसने टूटे से स्वर में कहा। -क्या हो गया? म्रांघी तो नहीं है? हो सकता है कि मुझसे कोई गलती हो गयी है।

हवा में कोट की फहरती किनारी से जितना देख सकता था, इर्द-गिर्द देख लेने के बाद उसने कहना जारी किया:

— आकाश में तो लगता है कि सब ठीक है। चांद भी अपनी जगह पर है। पर बाकी सब... शहर कहां गया? श्रौर मकान? गिलयां? हवा कहां से आयी? उसे बहने को तो मैंने नहीं कहा था!

फोटेरिंग ने खड़ा होने की कोशिश की, पर यह बिल्कुल स्रसंभव

लग रहा था, ग्रौर इसीलिये वह चौपाये की तरह पत्थर ग्रादि पकड़-पकड़ कर चल रहा था। वैसे, जाने लायक कोई जगह भी नहीं थी, क्योंकि हवा से उड़ कर उसके सर को ढक रही कोट की पिछली किनारी के नीचे से वह जितना देख सकता था, सब ग्रोर बरबादी ग्रौर तोड़-फोड़ ही नजर ग्रा रहा था।

- ब्रह्मांड में कोई गंभीर गड़बड़ी हो गयी है,'- उसने सोचा,-पर कैसी गड़बड़ी - पता नहीं।

गड़बड़ी सचमुच में थी। घर-बार, पेड़-पौधे, जीव-जंतु, ग्रादि कुछ भी नजर नहीं ग्रा रहे थे। चारों ग्रोर बेतरतीबी से भग्नावशेष बिखरे थे ग्रौर वे भी घूल की ग्रांधी में मुश्किल से दिख रहे थे।

बात क्या थी — यह कसूरवार की समझ में आने को नहीं था। पर कारण बिल्कुल सरल था। पृथ्वी को एकबारगी से रोकते वक्त फोटेरिंग ने जड़त्व के बारे में नहीं सोचा। जड़त्व ऐसी चीज है, जो गित के एक-ब-एक रूकने से पृथ्वीतल पर स्थित सभी वस्तुओं को फेंक ही देती। इसीलिये जो कुछ भी पृथ्वी के मुख्य द्रव्यमान के साथ अट्ट रूप से नहीं जुड़ा था, उसकी सतह की स्पर्श रेखा की दिशा में बंदूक की गोली के वेग से उड़ चला। इसके बाद वस्तुएं पुन: पृथ्वी पर गिरती थीं और चूर-चूर हो जाती थीं।

फोटेरिंग समझ गया कि जो चमत्कार उसने दिखाया है, कुछ सही नहीं था। इसीलिये उसका मन चमत्कारों के प्रति घृणा से भर गया ग्रौर उसने भविष्य में कोई भी ग्रलौकिक कार्य न करने की प्रतिज्ञा की। लेकिन पहले तो भूल सुधारनी थी। बर्बादी कम नहीं हुई थी। तूफान गर्ज रहा था, धूल का बादल चांद को ढके हुए था ग्रौर दूर से पानी के ग्राने का शोर सुनायी दे रहा था। बिजली की चमक में फोटेरिंग ने देखा कि उसकी ग्रोर भयानक गति से पानी की पूरी दीवार बढ़ी ग्रा रही है। उसकी हिचिकचाहट खत्म हो गयी ग्रौर उसने ग्रिडग निर्णय लिया:

— रूक जा! — पानी से उसने कहा। — एक कदम भी आगे नहीं! इसके बाद उसने यही आज्ञा चमकती बिजली और तेज बहती हवा के लिये भी दुहरायी। सब शांत हो गया। वह बैठ गया और सोचने लगा। - कहीं फिर कोई गलती न हो जाये, - उसने सोचा ग्रौर कहा: - पहली बात, ग्रभी मैं जो ग्राज्ञा दूंगा, उसके पूर्ण होने के बाद मैं चमत्कार रचने की शक्ति खो दूं ग्रौर वैसा ही हो जाऊँ, जैसे सभी साधारण लोग हैं। ग्रलौकिक शक्ति नहीं चाहिये। बड़ा खतर-नाक खिलौना है यह। ग्रौर दूसरे, सब कुछ जैसा था, वैसा ही हो जाये - शहर, लोग, घर ग्रौर मैं - सब कुछ वैसा हो जाये, जैसा पहले था।"

# हवाई जहाज से चिट्ठी

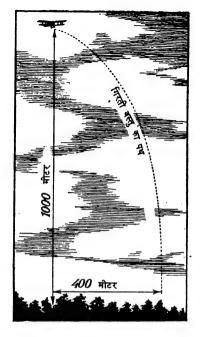
कल्पना करें कि आप हवाई जहाज में बैठे हैं, जो पृथ्वी के ऊपर तेजी से उड़ रहा है। नीचे जानी-पहचानी जगहें हैं। अभी कुछ देर में आप उस घर के ऊपर से गुजरेंगे, जिसमें आप का मित्र रहता है। "उसे कम से कम नमस्कार तो भेज ही दें"—आपके दिमाग में विचार आता है। आप डायरी के पन्ने पर जल्दी-जल्दी कुछेक शब्द लिख मारते हैं और पुर्जी को किसी भारी चीज के साथ बांध कर रख लेते हैं (ऐसी चीज को आगे हम "बोझ" के नाम से पुकारेंगे)। जब आपके मित्र का घर आपकी जहाज के नीचे आता है, आप बोझ हाथ से गिरा देते हैं।

म्रापको पूरा विश्वास है कि बोझ बेशक घर के गिर्द बाग में कहीं पर गिरेगा। लेकिन वह वहां नहीं गिर रहा है, यद्यपि घर और बाग दोनों ही ठीक म्रापके नीचे हैं।

यदि जहाज से उसके अभिपातन को आप ध्यान से देखेंगे, तो एक विचिन्न तथ्य सामने आयेगा: बोझ नीचे तो गिर ही रहा है, पर साथ ही साथ वह हवाई जहाज का पीछा भी नहीं छोड़ रहा है; जहाज के ठीक नीचे उसके साथ चला आ रहा है, मानों उसे अदृश्य धागे से बांध कर नीचे लटकाया जा रहा हो। और जब बोझ जमीन तक पहुंचेगा, वह इष्ट स्थान से बहुत ही दूर होगा।

इसमें भी उसी जड़त्व नियम की भूमिका है, जो बेर्जेराक द्वारा बतायी गयी मोहक विधि से याता करने में बाधक बनता है। जबतक बोझ विमान में था, वह विमान के साथ चल रहा था। श्रापने उसे गिरा दिया। पर जहाज से ग्रलग हो कर नीचे गिरते वक्त वह ग्रपना प्रारंभिक वेग खो नहीं देता। वह नीचे भी गिरता है ग्रीर साथ-साथ पुरानी दिशा में भी गतिमान रहता है। ग्रधोमुखी ग्रौर क्षैतिज दोनों ही गतियां जुड जाती हैं ग्रौर इसके परिणाम-स्वरूप बोझ नीचे की ग्रोर वक्र रेखा पर चलना शरू करता है: वह विमान के नीचे-नीचे क्षैतिज चलते हुए गिरता है (यदि विमान के उड़ने की दिशा या क्षिप्रता नहीं बदलती )। बोझ की गति ठीक वैसी ही होती है, जैसी क्षैतिज दिशा में प्रक्षिप्त पिंड की गति होती है। उदाहरण के तौर पर क्षैतिज दिशा में छोडी गयी बंदूक की गोली का पथ देखे: वह एक वक्र पथ पर चलती है, जो श्रंततोगत्वा जमीन पर समाप्त हो जाती है।

एक बात बतानी रह जाती है: उपरोक्त सारी बातें पूर्णरूप से सही होतीं, यदि हवा का प्रतिरोध

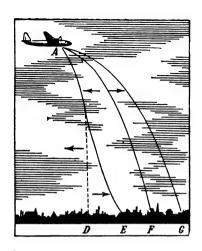


चित्र 2. उड़ते विमान से फेंका गया सामान उदग्र नहीं, वक्र पथ पर गिरता है।

न होता। वास्तिविकता में यह प्रितिरोध क्षैतिज श्रौर उदग्र—दोनों ही गितयों. का ह्रास करता है, जिसके कारण बोझ पूरे काल तक विमान के नीचे नहीं रहता; कुछ पीछे छूटता जाता है।

यदि विमान बड़ी ऊँचाई श्रौर बड़े वेग से उड़ रहा हो, तो उदग्र रेखा से बोझ बहुत दूर चली जा सकती है। यदि हवा शांत हो, तो 1000 m की ऊंचाई पर 100 km प्रति घंटे के वेग से उड़ते विमान से गिराया गया बोझ उदग्र रेखा से कोई 400 मीटर दूर गिरेगा (चित्र 2)।

कलन (यदि वायु-प्रतिरोध को नगण्य माना जाये) जटिल नहीं है। समरूप त्वरण से गतिमान पिंड के पथ की लंबाई व्यक्त करने



चित्र 3. विमान से गिरने वाले बम का पथ: AF — शांत हवा में; AG— विमान की दिशा में हवा बहने पर; AD— विमान के विपरीत हवा चलने पर; AE— जब ऊपर हवा विपरीत हो और नीचे — अनुकूल।

वाले सूत्र  $S=gt^2/2$  से प्राप्त होता है:  $t=\sqrt{2\,S/g}$ । इसका मतलब है कि  $1000~\mathrm{m}$  की ऊँचाई से गिरने वाला पत्थर  $\sqrt{\frac{2\times1000}{9.8}}$ , ग्रर्थात् 14 सेकेंड में जमीन पर पहूँचेगा। इस ग्रंतराल में वह  $\frac{100000}{3600} \times 14=390~\mathrm{m}$  की क्षैतिज दूरी तय कर चुका होगा।

#### बमबारी

उपरोक्त बातों से स्पष्ट हो जाता है कि सैनिकविमान के चालक का काम कितना कठिन होता है, जब उसे किसी स्थान-विशेष पर बम गिराने की ग्राज्ञा मिलती है। उसे हिसाब

लगाते वक्त विमान के वेग ग्रौर गिरने वाले पिंड पर वायु-प्रतिरोध के प्रभाव के ग्रितिरिक्त हवा की गित को भी ध्यान में रखना पड़ता है। चित्र 3 में भिन्न पिरिस्थितियों में फेंके गये बम के भिन्न पथों के ग्रारेख दिखाये गये हैं। यदि हवा शांत है, तो बम वक्त AF पर चलता हुग्रा गिरता है। यदि हवा विमान के उड़ने की दिशा में बह रही है, बम का पथ वक्र AG हो जाता है। साधारण शक्ति की प्रतिकूल हवा के कारण बम वक्त AD के सहारे गिरता है। ये पथ सिर्फ उस पिरिस्थित में बनते हैं, जब ऊँचाई पर ग्रौर नीचे हवा का वेग समान होता है। पर श्रक्सर ऊपर ग्रौर नीचे हवा की दिशायें विपरीत होती हैं (जैसे ऊँचाई पर प्रतिकूल ग्रौर नीचे — ग्रमुकूल)। ऐसी पिरिस्थित में वक्र का रूप बदल कर AE की भाँति हो जाता है।

# रेल-गाड़ी, जो रुकती नहीं

जब आप अचल प्लेटफार्म पर खड़े रहते हैं और सामने से "एनसप्रेस" गुजरती है, तो डिब्बे में छलांग लगाना समझदारी की बात नहीं होगी। लेकिन कल्पना करें कि प्लेटफार्म भी गाड़ी की दिशा में उसी के वेग से गितमान है। तब क्या डिब्बे में चढ़ना कठिन होगा?

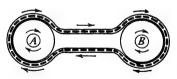
जरा भी नहीं। स्राप स्राराम से डिब्बे में प्रवेश कर सकते हैं। यह रूकी ट्रेन में चढ़ने जैसा ही होगा। यदि स्राप स्रौर गाड़ी समान क्षिप्रता से समान दिशा में गितमान हैं, तो स्रापके सापेक गाड़ी सचल है। उसके चक्के घूमते रहेंगे लेकिन स्रापको लगेगा कि चक्के स्रपनी जगह पर ही नाच रहे हैं, स्रागे नहीं बढ़ते। सच पूछें, तो सभी वस्तुएं, जिन्हें हम स्रचल मानते हैं (जैसे स्टेशन पर खड़ी गाड़ी), हमारे साथ-साथ पृथ्वी की धुरी व सूर्य का चक्कर लगाती रहती हैं। व्यावहारिकतः इस गित की उपेक्षा की जा सकती है, क्योंकि इससे हमें कोई स्रसुविधा नहीं होती।

श्रतः गाड़ी को बिना रोके यातियों को बैठाने व उतारने की व्यवस्था की जा सकती है। यह कोई कोरी कल्पना नहीं होगी।

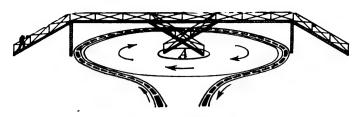
बड़ी-बड़ी प्रदर्शनियों में भ्रन्सर ऐसी प्रयुक्तियां लगायी जाती हैं, ताकि दर्शक को देखने में सुविधा हो श्रीर उसका समय जाया न हो। प्रदर्शनी-क्षेत्र के छोर श्रंतहीन फीते जैसी रेलवे-लाइन से मिले रहते हैं; यात्री जहां चाहें, चलती गाड़ी में घुस सकते है श्रीर उसमें से निकल सकते हैं।

इस दिलचस्प प्रयुक्ति को चित्नों में दिखाया गया है। चित्न 4 में A व B म्रक्षरों द्वारा प्रदर्शनी के छोरों पर स्थित स्टेशन दिखाये गये हैं। हर $\cdot$ 

स्टेशन पर एक अचल गोल चब्तरा होता है, जिसके चारों स्रोर ग्रामोफोन के रिकार्ड सा एक बहुत बड़ा क्षेतिज चक्का घूमता रहता है। इन चक्कों के चारों स्रोर लोहे की रिस्सियों से जुड़े रेलगाड़ी के डिब्बे घूमते रहते हैं। डिब्बों की क्षिप्रता उतनी ही होती है, जितनी तेजी से चब्तरों की वाह्य किनारी घूमती है; स्रतः यात्री बिना



चित्र 4. स्टेशनों A व B के बीच अविराम रेलपथ की बनावट का आरेख। स्टेशन की बनावट अगले चित्र में दिखायी गयी है।



चित्र 5. सदा गतिमान रेलपथ का स्टेशन।

किसी खतरे के चबूतरे से गाड़ी में प्रवेश कर सकते हैं श्रौर गाड़ी से चबूतरे पर उतर सकते हैं। डिब्बे से निकल कर यात्री घूमते चबूतरे के केंद्र की श्रोर चलना शुरू करता है श्रौर ग्रचल चबूतरे पर पहुँच जाता है। घूमते चबूतरे की बाहरी किनारी से भीतरी किनारी तक पहुँचना किंठन नहीं होता, क्योंकि जैसे-जैसे विज्या कम होती जाती है, परिधि पर की गित भी कम होती जाती है। भीतरी ग्रचल चबूतरे पर पहुंच कर यात्री पुल के सहारे जमीन पर उतर श्राता है। (चित्र 5)।

कम स्टेशनों के होने से समय श्रौर ऊर्जा की काफी बड़ी बचत होती है। शहरों में ट्राम के रूक-रूक कर चलने के कारण दो-तिहाई ऊर्जा श्रौर समय का बहुत बड़ा भाग उसे रोकने व पुनः चालू करने में ही खर्च हो जाता है।<sup>2</sup>

रेलगाड़ी के स्टेशनों पर गतिमान प्लेटफार्मों के बिना भी काम चल सकता है। मान लीजिये कि कोई साधारण सा ग्रचल स्टेशन है, जहां से एक्सप्रेस गाड़ी गुजरती है। हम चाहते हैं कि उसे बिना रोके यातियों को

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> समझना सरल है कि भीतरी किनारी के बिंदु कहीं ग्रधिक मंद गित से घूमते हैं, क्योंकि समान ग्रंतराल में वाह्य किनारी के बिंदुग्रों की ग्रपेक्षा कम लंबाई का गोल पथ तय करते हैं।

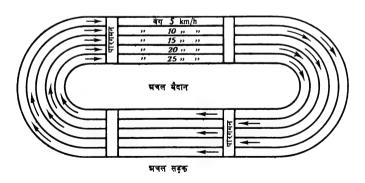
<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> ब्रेक लगाने में खर्च हुई ऊर्जा की बचत हो सकती है, यदि ट्राम के विद्युत-चिलत ब्रेक लगाते वक्त डाइनेमो (जिनत्न) की तरह काम करने लगते ग्रौर थोड़ा विद्युत वापस लौटा देते। शार्लोटेन (बर्लिन के पास) इस विधि से 30% विद्युत की बचत की गयी। (यही विधि बड़े पैमाने पर ब्लादीवस्तोक-मास्को विद्यत-ट्रेनों में उपयोग की जा रही है—संपादक)

उसमें बैठाया जाये। यात्रियों को पहले किसी खड़ी गाड़ी में जमा कर लेना चाहिये। जब यह गाड़ी एक्सप्रेस के समांतर चलती हुई एक्सप्रेस जितनी ही गित बढ़ा लेगी और उसकी बराबरी पर भ्रा जायेगी, दोनों गाड़ियां एक दूसरे के सापेक्ष भ्रचल हो जायेंगी। भ्रब तख्ते का पुल खिसका कर दोनों गाड़ियों को जोड़ा जा सकता है। यात्री भ्राराम से एक्सप्रेस गाड़ी में बैठ जायेंगे; एक्सप्रेस को रोकने की कोई भ्रावश्यकतां नहीं होगी।

# चलते फूटपाथ

गित सापेक्षिकता नियम के आधार पर बनी एक और प्रयुक्ति है— "चलते फूटपाथ"। इनका व्यवहार अबतक प्रदर्शनियों तक ही सीमित था। पहली बार वे शिकागो प्रदर्शनी (1893 ई.) के लिये बनाये गये थे; बाद में उनका प्रयोग 1900 ई. की पेरिस विश्व प्रदर्शनी में हुआ था। इस प्रयुक्ति का आरेख चित्र 6 में दिखाया गया है। इसमें एक के भीतर एक कर के पाँच संवृत फूटपाथी पट्टियां हैं, जो विशेष यंत्रों द्वारा अलग-अलग क्षिप्रताओं से गितमान रहती हैं।

बाहरी पट्टी काफी धीरे  $-5~\mathrm{km}$  प्रति घंटे - की क्षिप्रता से चलती रहती है। यह पैदलयात्री की साधारण गित है और इतनी धीरे रेंगने वाली पट्टी पर चढ़ जाना कठिन नहीं है। इसके साथ वाली भीतर की पट्टी  $10~\mathrm{km/h}$  की क्षिप्रता से चल रही होती है। सड़क से सीधे इसपर चढ़ना



चित्र 6. **चलते फूटपाथ।** 

थोड़ा खतरनाक होगा, पर पहली पट्टी से इस पर भ्राने में कुछ खतरा नहीं है। कारण यह है कि 10 km/h की क्षिप्रता से चलने वाली दूसरी पट्टी 5 km/h की क्षिप्रता से गतिमान पहली पट्टी के सापेक्ष एक घंटे में सिर्फ 5 km की दर से चलती है। दूसरी पट्टी पर पहली पट्टी से भ्राना उतना ही भ्रासान है, जितना जमीन से पहली पट्टी पर। तीसरी पट्टी 15 km/h की दर से चलती है, लेकिन दूसरी पट्टी से उसपर भ्राना बिल्कुल कठिन नहीं है। तीसरी से चौथी पर भ्राना भी उतना ही भ्रासान है: चौथी की चाल 20 km/h है। भ्रौर भ्रंत में दर्शक चौथी से 25 km/h की दर से दौड़ती पांचवी पट्टी पर खड़ा हो कर भ्रावश्यक स्थान तक पहुँचता है भ्रौर एक-एक कर पट्टियों पर चलता हुआ जमीन पर उतर भ्राता है।

#### कठिन नियम

यांतिकी के तीन मुख्य नियमों में से शायद कोई भी इतना कठिन नहीं है, जितना "न्यूटन का तीसरा नियम"। यह किया और प्रतिक्रिया से संबंधित नियम है। इसे सभी जानते हैं भ्रौर कुछ स्थितियों में इसका सही-सही प्रयोग भी कर सकते हैं। पर बहुत कम ही लोग होंगे, जो इसे सही-सही समझते होंगे। हो सकता है कि भ्राप, पाठकगण, खुशकिस्मत हों भ्रौर इसे तुरत समझ गये हों। लेकिन मैं स्वीकार करता हूँ कि इस नियम के साथ प्रथम परिचय होने के दो साल बाद ही इसे समझ सका।

ग्रलग-ग्रलग कई लोगों से बातें करके मैंने देखा कि ग्रधिकांश लोग इस नियम की सत्यता को मानने के लिये तैयार हैं, यदि इसमें कुछ महत्त्वपूर्ण सुधार कर दिया जाये। वे सहर्ष मान लेते हैं कि नियम ग्रचल पिंडों के लिये सत्य है। पर गतिमान पिंडों की ग्रापसी किया में इसे कैंसे लागू किया जाये, वे नहीं समझ पाते। नियम कहता है: किया हमेशा प्रतिक्रिया के बराबर व विपरीत होती है। इसका ग्रर्थ है कि यदि घोड़ा टमटम को ग्रागे की ग्रोर खींच रहा है, तो टमटम भी घोड़े को उसी बल से पीछे खींच रहा है। लेकिन इस स्थित में टमटम को ग्रपने स्थान पर ही टिका रहना चाहिये। फिर वह चल क्यों पड़ता है? ये दोनों बल एक दूसरे को संतुलित क्यों नहीं कर लेते, यदि वे ग्रापस में बराबर हैं?

इस नियम से संबंधित ये प्रश्न लोगों को श्रक्सर परेशान करते हैं।

तो क्या नियम गलत है? नहीं, वह बिल्कुल सही है; सिर्फ हम उसे ठीक-ठीक नहीं समझते। बल एक दूसरे को संतुलित नहीं करते — इसका कारण है कि वे भिन्न पिंडों पर कियाशील हैं। एक बल टमटम पर लगा है श्रौर दूसरा — घोड़े पर। यह सही है कि बल बराबर हैं। पर क्या समान बल हमेशा समान किया संपन्न करते हैं? क्या तुल्य बल सभी पिंडों को समान त्वरण संप्रेषित करते हैं? क्या पिंड पर बल की किया बल के विरूद्ध पिंड के "प्रतिरोध" की माना पर निर्भर नहीं करती?

यदि इन प्रश्नों पर मनन करें, तो स्पष्ट हो जायेगा कि क्यों घोड़ा टमटम को ग्रागे खींच ले जाता है, जब कि टमटम भी उसी बल से घोड़े को पीछे खींच रहा है। टमटम पर क्रियाशील बल ग्रौर घोड़े पर क्रियाशील बल हर क्षण बराबर हैं; पर चूंकि टमटम चक्कों पर स्वतंव्रतापूर्वक गित कर सकता है ग्रौर घोड़ा जमीन पर पैर से टेक कर ग्रड़ जाता है, इसलिये स्पष्ट है कि टमटम घोड़े की ग्रोर लुढ़क पड़ता है। जरा सोचिये तो सही; यदि टमटम घोड़े की गितदायक शक्ति का प्रतिरोध नहीं करता, तो... घोड़े के बिना भी काम चल जाता; क्षीण से क्षीण बल लगाने पर भी टमटम गितमान हो जाता। घोड़ा इसीलिये तो चाहिये कि वह टमटम के प्रतिरोध को तोड़ सके।

नियम को आत्मसात् करने में आसानी होती और किसी तरह की गलतफहमी भी नहीं उत्पन्न होती, यदि नियम को ऐसे संक्षिप्त रूप में नहीं लिखा जाता: "किया और प्रतिक्रिया बराबर होती हैं"। नियम को (उदाहरणार्थ) इस प्रकार भी लिखा जा सकता है: "प्रतिक्रियाशील बल बराबर होता है कियाशील बल के"। क्योंकि बराबर सिर्फ बल होते हैं,—और उनकी कियायें (यदि "बल की किया" को साधारण अर्थ "पिंड के स्थानांतरण" में लिया जाये) साधारणतया भिन्न होती हैं, क्योंकि बल भिन्न पिंडों पर लगे होते हैं।

जब ध्रुववर्ती बर्फ के चट्टान जहाज "चेल्युस्किन" को दाब रहे थे, जहाज की वाह्य दीवारें भी बर्फ को दबा रही थीं। दुर्घटना तो इसलिये हो गयी कि शक्तिशाली बर्फ जहाज के प्रतिरोध को सहन कर गया भीर जहाज लोहे का होने के बावजूद भी, चूंकि खोखला था, इस बल के म्रागे झुक गया भीर पिचक कर टूट गया। ("चेल्युस्किन" को नष्ट करने वाले भौतिकीय कारणों के बारे में सविस्तार पढें पृ. 54 पर)।

यहां तक कि पिंडों का ग्रभिपातन (गिरना) भी प्रतिक्रिया के इस नियम का ठीक-ठीक पालन करता है। सेव के जमीन पर गिरने का कारण यह है कि पृथ्वी सेव को ग्रपनी ग्रोर ग्राकिंत करती है; पर ठीक उसी बल से सेव भी हमारी पृथ्वी को ग्रपनी ग्रोर खींचता है। यदि सच कहा जाये, तो सेव ग्रौर पृथ्वी दोनों ही एक दूसरे पर गिरते होते हैं, पर ग्रभिपातन का वेग सेव ग्रौर पृथ्वी के लिये ग्रलग-ग्रलग है। पारस्परिक ग्राकर्षण का बल सेव को  $10 \, \mathrm{m/s}^2$  का त्वरण संप्रेषित करता है, ग्रौर वही बल पृथ्वी को — उससे उतना गुना कम, जितना गुना सेव से पृथ्वी का द्रव्यमान ग्रिधिक है। पर सेव के द्रव्यमान से पृथ्वी का द्रव्यमान इतना गुना ग्रिधिक है कि उसकी कल्पना भी नहीं कर सकते; ग्रतः पृथ्वी का स्थानांतरण इतना नगण्य होता है कि उसे शून्य मान सकते हैं। इसीलिये "सेव ग्रौर पृथ्वी एक दूसरे पर गिर रहे हैं" कहने की बजाय हम कहते हैं: सेव पृथ्वी पर गिर रहा है।

# इवेतगिरि-विक्रमबली की मृत्यु

ग्रापने श्वेतिगिरि-विक्रमबली <sup>2</sup> के बारे में लोकगाथा सुनी होगी, जो पृथ्वी को हाथों से उठा लेना चाहता था। यदि जनश्रुति का विश्वास किया जाये, तो ग्राकंमेडिस भी ऐसा पराक्रम दिखाने के लिये तैयार थे; उन्हें सिर्फं उत्तोलक के लिये ग्रालंब-बिंदु की ग्रावश्यकता थी। पर श्वेतिगिरि को उत्तोलक की भी ग्रावश्यकता नहीं थी। उसे सिर्फं खोज थी कि क्या पकड़ कर पृथ्वी को उठाया जाये ग्रौर ग्रपना पराक्रम दिखाया जाये। "पकड़ने को कुछ मिल जाये, तो पृथ्वी उठा लूं"। ग्रवसर मिल गया: विक्रमबली को रास्ते में "कंघ्रे के ग्रार-पार लटकाने वाली बोरी" दिखी, जो "न फटने वाली थी, न हिलने वाली, न उठने वाली"।

उत्तम घोड़े से श्वेतिगिरि उतरा बाहों से दोनों बोरी पकड़ा,

¹ प्रतिक्रिया के बारे में श्रौर देखें: "मनोरंजक यांत्रिकी", मेरी, ग्रध्याय 1।

² रूसी लोक-गाथाग्रों के एक नायक - स्व्यातोगोर-बगातीर।

उठा लिया बोरी घुटनों तक —

कि धंस गया श्वेतिगिरि घुटनों तक,

श्रौर गालों पर ग्रब ग्रांसू नहीं,

बहता है रक्त।

श्वेतिगिरी जहां धंस गया,

वहीं का वहीं वह रह गया

श्रौर वहीं हो गया उसका ग्रंत।

यदि श्वेतिगरी को किया-प्रतिक्रिया का नियम ज्ञात होता, तो वह समझ जाता कि जमीन पर लगाया गया उसका विक्रमी बल अपने तुल्य, अर्थात् उतना ही विक्रमी प्रतिक्रियाशील बल उप्तन्न करेगा, जो उल्टा उसे ही पृथ्वी में धँसा सकता है।

जो भी हो, गाथा से स्पष्ट है कि लोग उस समय भी पृथ्वी की प्रतिक्रिया से अनिभन्न नहीं थे; वे जानते थे कि जब पृथ्वी पर टेंक लगाया जाता है, तो पृथ्वी प्रतिक्रिया करती है। न्यूटन द्वारा उसकी अमर पुस्तक "प्रकृति-दर्शन के गणितीय आधार" में (प्रकृतिदर्शन उस समय भौतिकी को कहा जाता था) प्रतिक्रिया के नियम की प्रथम घोषणा के हजारों साल पहले से ही लोग अनजाने में इसका उपयोग करते आ रहे हैं।

# क्या बिना ग्रालंब के चल सकते हैं?

पैदल चलते वक्त हम पैरों द्वारा जमीन या फर्श पर श्रड़ कर अपने को श्रागे की श्रोर धकेलते हैं; बहुत चिकने फर्श या बर्फ पर पैर हमें श्रागे धकेलने में असमर्थ होते हैं, इसीलिये वहां चलना असंभव होता है। इंजन चलते वक्त अपने "वाहक" चक्कों द्वारा पटिरयों को पीछे धक्के देता है और खुद आगे की श्रोर धक्के खाता है। यदि पटिरयों पर तेल फैला दिया जाये, तो इंजन आगे नहीं बढ़ सकेगा। कभी-कभी (जब जाड़ों में बर्फ की परत हर जगह फिसलनदार हो जाती है) रेल-गाड़ी आगे बढ़ाते रहने के लिये एक विशेष प्रयुक्ति द्वारा पटिरयों पर बालू छिड़कते जाते हैं। शुरू-शुरू रेलगाड़ी का जब आविष्कार हुआ था, उसके चक्कों में दाँत लगे होते थे। लोग सोचते थे कि इसके बिना चक्के पटिरयों पर गाड़ी को

ग्रागे नहीं धकेल सकेंगे। स्टीमर चक्के की पंखुड़ियों द्वारा ग्रपने को पानी से ग्रागे धकेलता है। हवाई जहाज भी ग्रपने को हवा से ग्रागे धकेलता है इसमें उसका सहायक होता है प्रौपेलर (नोदक)। तात्पर्य यह है कि वस्तु चाहे किसी भी माध्यम में गतिमान हो, वह उस माध्यम पर टेक लगा कर ग्रपने को ग्रागे धकेलती है। पर क्या पिंड ग्रपने बाहर किसी चीज पर टेक लगाये बिना ग्रपने को ग्रागे धकेल सकता है? क्या वह बिना ग्रालंब के ग्रागे बढ़ेगा?

प्रतीत होता है कि ऐसी गित प्राप्त करने का अर्थ है अपने को अपनी चुटिया पकड़ कर उठाने का प्रयत्न करना और हमें ज्ञात है कि इसमें अभी तक सिर्फ गपोड़ नबाब म्युनखाउजेन ही सफल हो सके हैं। लेकिन ऐसी असंभव गित भी संभव है; हम अक्सर उसे देखते हैं। यह सही है कि सिर्फ आंतरिक शक्तियों की सहायता से पिंड अपने को पूर्णरूप से गितमान नहीं कर सकता, पर वह अपने द्रव्य के कुछ भाग को एक दिशा में गितमान कर सकता है। आपने कितनी बार उड़ते हुए राकेट को देखा होगा, पर कभी आपने सोचा है कि वह कैसे उड़ता है? राकेट इसी प्रकार की गित का दृश्यमान उदाहरण है, जिसकी चर्चा हम करने जा रहे हैं।

## राकेट क्यों उड़ता है?

भौतिकी का ज्ञान रखने वाले लोग भी प्रवसर राकेट की उड़ान का कारण गलत बताते हैं: राकेट उड़ता है, क्योंकि उसके भीतर बारूद के जलने से बनी गैस उसको हवा से ग्रागे धकेलती रहती है। पुराने जमाने में यही सोचते थे (राकेट का ग्राविष्कार बहुत पुराना है)। पर यदि राकेट वातहीन व्योम में छोड़ा जाये, तो उसकी उड़ान ग्रौर ग्रच्छी ही होगी, बुरी नहीं होगी। राकेट की गित का यथार्थ कारण बिल्कुल दूसरा है। क्रांतिकारी किबाल्चिच की डायरी में इस कारण को बड़े ही स्पष्ट व सरल शब्दों में समझाया गया है, जिसे उन्होंने मृत्यु के पहले ग्रपने द्वारा ग्राविष्कृत उड़ने वाली एक मशीन का वर्णन करते हुए लिखा था। युद्ध-राकेटों की बनावट समझाते हुए वे लिखते हैं;

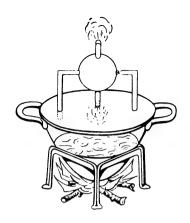
"टिन के खोखले बेलन में, जो एक तरफ से खुला हो ग्रीर दूसरी तरफ से

बंद हो, एक दूसरा बेलन कस कर भर देते हैं। दूसरे बेलन में बारूद दबी हुई होती है, जिसके बीचों-बीच ग्रक्ष के ग्रनुलंब नाली छुटी रहती है। इस नाली की भीतरी सतहों से बारूद का जलना शुरू होता है ग्रीर पूरी बारूद के जलने में थोड़ा समय लगता है। दहन से उत्पन्न गैस हर दिशा में दबाव डालती है, पर पार्श्वीय दबाव एक दूसरे को संतुलित कर लेते हैं। सिर्फ पेंदे पर गैस का दबाव विपरीत दबाव द्वारा संतुलित नहीं होता (क्योंकि इस दिशा में गैस के निकलने का रास्ता खुला होता है)। राकेट को यही दबाव ग्रागे धकेलता है।"

तोप से जब गोला छोड़ते हैं, तो यही होता है: गोला आगे भागता है और तोप धक्का खा कर पीछे हटता है। बंदूक या किसी भी दूसरे आगनेय अस्त्र के साथ यही होता है। यदि तोप हवा में लटका होता और कोई चीज रोकती नहीं, तो गोला छोड़ते ही वह पीछे की ओर चल पड़ता। उसका वेग गोले के वेग से उतना ही गुना कम होता, जितना गुना गोला उससे हल्का होता। जूल वेर्न के उपन्यास "उलट-पलट" में अमेरिकन लोग "पृथ्वी के अक्ष को सीधा करने के लिये" एक विराट तोप के प्रतिनोदन (पीछे की ओर झटका) को ही काम में लाना चाहते थे।

राकेट भी तोप है; ग्रंतर सिर्फ इतना है कि तोप गोले छोड़ता है ग्रौर राकेट — बारूदी गैस। ग्रातिशवाजी में फुलझड़ियो की घिरनी ग्रापने ग्रवश्य देखी होगी; यह भी इसी कारण से घूमती है: चक्के से लगी निलयों में बारूद के जलने से गैस एक दिशा में निकलती है ग्रौर निलयों समेत चक्का दूसरी दिशा में घूमने लगता है। दरग्रसल यह विख्यात भौति-कीय उपकरण सिग्नेट-चक्र का ही बदला हुग्रा रूप है।

यहां एक दिलचस्प बात बतायी जा सकती है कि स्टीमर के म्रावि-ष्कार के पहले एक यांत्रिक जहाज की प्रायोजना दी गयी थी, जो इन्हीं बातों पर भ्राधारित थी। प्रायोजना के भ्रनुसार जहाज में पहले से जमा किये गये पानी को पंप द्वारा तेजी से पीछे की भ्रोर निकालने पर जहाज भ्रागे की भ्रोर बढ़ता। स्कूलों में भौतिकी की प्रयोगशाला में इस सिद्धांत को सिद्ध करने के लिये प्रयुक्त तैरने वाले टिन के डिब्बों की तरह ही यह जहाज चलता। रेम्सी की यह प्रायोजना कार्यान्वित नहीं हो सकी, पर स्टीमर के भ्राविष्कार में इस की भी भूमिका रही है; प्यूल्टन के विचारों को इसी ने प्रेरित किया था।

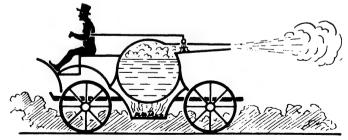


चित्र 7. प्राचीनतम वाष्प-इंजन (टर्बाइन), जिसके स्रविष्कारक स्रलेक्जेंड्रिया के हिरोन (II शती ईसा पूर्व) माने जाते हैं।

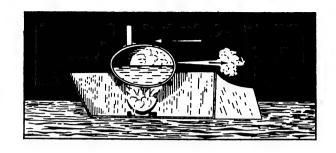
यह भी ज्ञात है कि प्राचीनतम वाष्प-इंजन ईसा पूर्व दूसरी शती में म्रलेक्जेंडिया के हिरोन द्वारा बनाया गया था ग्रौर यह भी इसी सिद्धांत पर ग्राधारित था: वाष्प एक नली द्वारा कडाह से निकल कर (चित्र 7) गोल बरतन में स्राता है स्रौर वहां से घटने की तरह मुड़ी नलियों से बाहर निकलते हुए उन्हें पीछे धकेलने लगता है. जिससे गोल बरतन घूर्णन करने लगता है। खेद की बात है कि हिरोन का वाष्प-टर्बाइन उस जमाने में सिर्फ एक कौतूहलपूर्ण खिलौना बना रहा। गलामों के सस्ते श्रम के कारण मशीनों के व्यावहारिक उपयोग का विचार

किसी के दिमाग में नहीं म्राता था। पर तकनीकी विकास ने इसके सिद्धांत की म्रवहेलना नहीं की: इसका उपयोग म्राज प्रतिकारी टर्बाइनों को बनाने में हो रहा है।

वाष्प-इंजन की प्रथम परियोजनाश्रों में से एक के रचेता न्यूटन भी माने जाते हैं। इसका भी यही सिद्धांत है: चक्कों वाली गाड़ी पर रखे बरतन में से वाष्प एक दिशा में निकलता है श्रौर गाड़ी प्रतिनोदन शक्ति से दूसरी (विपरीत) दिशा में चल पड़ती है (चिन्न 8)।



चित्र 8. इस वाष्प-गाड़ी के ग्रविष्कारक न्यूटन माने जाते हैं।



ा । १ प. कागज व अंडे के खोल से बना खिलौना स्टीमर । अंगुश्ताने में ढाला गया स्पिरिट इंधन का काम करता है। वाष्पित्र (छेद किये हुए अंडे के खोल) ग निकलने वाला वाष्प स्टीमर को विपरीत दिशा में गति मान करता है।

1928 ई. के पत्न-पत्निकाग्रों में राकेटी श्रौटो-गाड़ियों की बड़ी जोर-शोर से खबरें छप रही थीं; उन पर नाना प्रयोग किये जा रहे थे। ये गाड़ियां न्यूटन की बग्गी का ही श्राधुनिक रूप थीं।

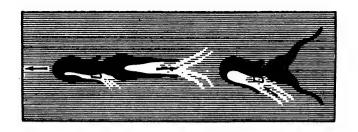
घर बैठे कुछ बनाने में दिलचस्पी रखने वालों के लिये चित्र 9 में इसी नियम पर चलने वाले कागजी जहाज का आरेख दिया जा रहा है: स्पिरिट में भीगी रूई धातु के अंगुश्ताने में रख कर दीया की तरह जला अते हैं। इसकी लौ से अंडे के खोल में रखे पानी को गर्म करते हैं। वाष्प पुहारे के रूप में एक छेद से निकलने लगताहै और प्रतिनोदन के कारण जहाज दूसरी (विपरीत) दिशा में चल पड़ता है। पर इस खिलौने को बनाने के लिये निपुण हाथों की आवश्यकता है।

# मसिधर कैसे तैरता है?

"ग्रपना बाल पकड़ कर स्वयं को उठाना" हमारे लिये गलत हो सकता है, पर कई जीवों के लिये चलने का यही साधन है।

मसिधर जैसे श्रधिकतर शीर्षपादी मृदुपीन पानी में निम्न विधि से चलते  $\mathring{\xi}$ :  $^1$  वे पार्श्व की दरार और एक विशेष शंकु से पानी श्रपने भीतर खींचते

<sup>ा</sup>धोंथे, सीप, ग्रष्टभुज (ग्रीक्टोपस), ग्रादि जैसे कोमल मांस वाले (मृदुपीन) जीवों में से कुछ के पैर सिर पर होते हैं (शीर्षपादी); इनमें से एक, मसिधर, ग्रपने ग्राकामक की ग्रांखों में स्याही झोंकता है। - ग्रनु



चित्र 10. शीर्षपाद जाति की कटल नामक मछली का तैरना।

हैं ग्रौर फिर उसी शंकु से पानी तेज धार के रूप में बाहर निकालते हैं। प्रतिक्रिया के नियम के अनुसार इस से उन्हें विपरीत दिशा में धक्का लगता है, जो पीछे की दिशा में तेजी से तैरने के लिये पर्याप्त शक्तिशाली होता है। मिसधर शंकु की नली को किसी भी दिशा में घुमा सकता है ग्रौर इसीलिये तेजी से पानी छोड़ते हुए किसी भी दिशा में भाग सकता है।

जेली-फिश (मिडूसा) भी इसी नियम के अनुसार चलती है: छाते-से अपने शरीर के नीचे इकतित पानी वे अपनी पेशियों का संकोचन कर के निकालती हैं, जिससे उन्हें विपरीत दिशा में धक्का मिलता है। व्याध पतंग आदि के डिंभक (लार्बा) और कई अन्य जलवासी जीव इसी युक्ति से तैरते हैं। और हमें संदेह हो रहा था कि इस प्रकार भी चला जा सकता है!

#### राकेट में सितारों की भ्रोर 1

इससे बढ़ कर मोहक बात श्रौर क्या होगी कि पृथ्वी से दूर श्रसीम ब्रह्मांड की यात्रा की जाये ; पृथ्वी से चांद की श्रौर एक ग्रह के बाद दूसरे ग्रह की उड़ान भरी जाये ? इस विषय पर कितने काल्पनिक उपन्यास लिखे

<sup>1 1957</sup> ई. में अंतिरक्षी युग के आगमन के बाद से जिन युवा पाठकों ने होश सम्हाला है (या जिनका जन्म हुआ है), उन्हें या. इ. पेरेलमान द्वारा अंतर्ग्रही याता के विचारों का प्रचार आज थोड़ा बालसुलभ लग सकता है, क्योंकि अब स्वचालित अंतिरक्ष-यान निकटवर्ती ग्रहों की उड़ान भर रहे

जा चुके हैं। नक्षतों की काल्पनिक यात्रा से किसने हमारा मन मोहने की कोशिश नहीं की! वोल्टेर ने अपने "माइकोमेगास" में, जूल वेर्न ने "चंद्र-यात्रा" व "हेक्टर सेर्वादाक" में, वेल्स ने "चंद्र पर प्रथम लोग" श्रीर उनकी देखा-देखी करने वाले अनेक अन्य लेखकों ने कल्पना में ही सही, पर कितनी रोचक यात्रायें की हैं नभ में ज्योतिबिंदुओं की।

क्या ग्रादिकाल से चले ग्रा रहे सपनों को सच करने की कोई संभावना नहीं है? उपन्यासों में इतनी मोहक सत्यता से वर्णित एक से एक बुद्धिमान परियोजनाएं क्या सचमुच में पूरी नहीं होने वाली हैं? ग्रागे चल कर हम ग्रंतर्ग्रही यात्राग्रों की काल्पनिक परियोजनाग्रों पर ग्रौर भी चर्चा करेंगे, पर ग्रभी ग्रापका परिचय कराते हैं ऐसी यात्राग्रों की एक यथार्थ परियोजना से, जो रूसी वैज्ञानिक त्सियलकोव्स्की द्वारा प्रस्तुत की गयी है।

क्या हवाई जहाज पर चांद तक उड़ा जा सकता है? बिल्कुल नहीं: हवाई जहाज और नियंत्रणीय गुब्बारे झादि के उड़ने का कारण हवा की मौजूदगी है; वे हवा में टिके रहते हैं, उससे धक्के खा कर झागे बढ़ते हैं। पर पृथ्वी और चांद के बीच हवा नहीं है। अंतरिक्ष में माध्यम इतना घना नहीं है, जिस पर "अंतर्भ्रही गुब्बारे" टिक सकें। इसका मतलब है कि हमें कोई ऐसा उपकरण सोच निकालना चाहिये, जो बिना किसी झालंबी माध्यम के ही गतिमान व नियंत्रित हो सके।

खिलौने के रूप में ऐसे उपकरण से हम परिचित हो चुके हैं। इसका नाम है राकेट। एक इतना बड़ा राकेट क्यों न बना लिया जाये, जिसमें लोगों के रहने के लिये अलग जगह हो, खाद्य-सामग्रियों का भंडार हो, जिसमें हवा भरे बैलून और अन्य सभी आवश्यक वस्तुएं रखी जा सकें? कल्पना कीजिये कि लोग ऐसे एक राकेट में इंधन का बहुत बड़ा भंडार साथ रखते हैं और बारूदी गैस के निकलने की दिशा इच्छानुसार बदल सकते हैं। आपके पास एक वास्तविक नियंत्रणीय अंतरिक्ष यान होगा, जिसमें

हैं, चांद की मिट्टी जमीन पर भेज रहे हैं, लगभग हरदिन कृतिम उपग्रह भेजे जा रहे हैं, ग्रादमी चांद पर उतर चुका है, ग्रादि ग्रादि। पर हम इस भाग को पुस्तक में ही रहने दे रहे हैं, क्योंकि यह इतिहास के दृष्टि-कोण से दिलचस्प हैं: या. इ. पेरेलमान ग्रंतिरक्षी उड़ान के ग्रथक प्रचारकों में से एक थे। — संपादक.



चित्र 11. राकेटनुमा ग्रंतग्रंही विमान: एक योजना।

ग्राप ग्रथाह ब्रह्मांड में भ्रमण कर सकेंगे; चांद, ग्रहों... ग्रादि की सैर कर सकेंगे। यात्री विस्फोटिकिया को नियंत्रित कर सकेंगे ग्रौर इस प्रकार से ग्रंतर्ग्रही यान का वेग ग्रावश्यकतानुसार धीरे-धीरे बढ़ा-घटा सकेंगे, तािक उनके स्वास्थ्य पर ग्रसर न पड़े। मर्जी होने पर वे यान की दिशा मोड़ते हुए उसे धीमा कर के किसी भी ग्रह पर उतर सकेंगे। ग्रौर ग्रंत में, इसी विधि द्वारा वे वापस पृथ्वी पर लौट सकेंगे।

स्मरण करें की स्रभी हाल ही में जन्मा विमानन किस प्रकार शिशु की भाँति चलना सीख रहा था। ग्राज हवाई जहाज ऊँचे हवा में मंडराते हैं, पहाड़ों, मरुभूमियों, महादेशों ग्रौर महासागरों को भी लांघने में समर्थ हैं। शायद सितारों की यात्रा का भी ऐसा ही उज्वल भविष्य हो? शायद भावी 20-30 वर्षों में ही ग्रंतरिक्ष-यात्रा का विकास ऐसी सफलता प्राप्त कर ले? तब इतने दिनों तक मानव को उसके सगे ग्रह के साथ बांध कर रखने वाले ग्रदृश्य बंधन टूट जायेंगे ग्रौर वह ब्रह्मांड की ग्रसीम गहराइयों में कुद पड़ेगा।

बल.कार्य.घर्षण

# हंस, झींगा ग्रौर रोहू

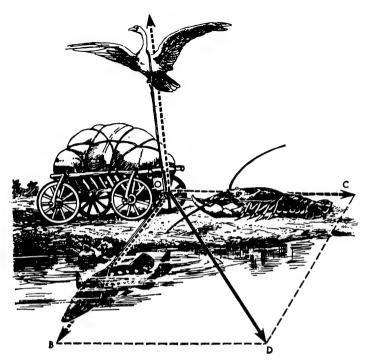
यह कहानी सभी जानते होंगे कि कैसे हंस, झींगा (चिंगट) श्रौर रोहू मिल कर सामान से लदी गाड़ी खींच रहे थे। पर यांत्रिकी के दृष्टि-कोण से शायद ही किसी ने इस आख्यायिका पर ध्यान दिया होगा। नीति-कथाकार किलोव ने जो निष्कर्ष दिया था, यांत्रिकी उससे बिल्कुल भिन्न निष्कर्ष देती है।

हमारे सामने किन्हीं कोणों पर परस्पर झुके तीन बलों को जोड़ने की समस्या है, जिसे अक्सर यांत्रिकी में हल करना पड़ता है। कथा में बलों की दिशायें निम्न शब्दों में बतायी गयी हैं:

> …हंस उड़ता बादलों को , चिंगट खिसक रहा है पीछे , ग्रौर मछली रही तान पानी में ।

इसका अर्थ है (चित्र 12) कि एक बल (हंस की खींच) ऊपर की ओर कियाशील है; दूसरा, मछली का बल (OB), बगल की ओर लग रहा है; तीसरा, चिंगट का (OC), —पीछे की ओर। यह नहीं भूलें कि एक चौथा बल भी लग रहा है — गाड़ी का भार, जो उदम्र अधोमुखी है। कथा के अनुसार "गाड़ी अब भी वहीं है," अर्थात् गाड़ी पर कियाशील सभी बलों का परिणामी बल शून्य के बराबर है।

क्या यह सत्य है? बादलों की ग्रोर उन्मुख हंस चिंगट व मछली के कार्य में बाधक नहीं है, वह उनकी सहायता ही कर रहा है: उसका बल गुरूत्व बल की विपरीत दिशा में लगा है, ग्रतः वह जमीन ग्रौर ग्रक्ष के साथ चक्कों के घर्षण के बल को कम कर रहा है; वह गाड़ी के भार को कम कर रहा है, या हो सकता है कि उसे पूरी तरह से संतुलित कर रहा



चित्र 12. झींगे, मछली और हंस के प्रश्न का यांत्रिकीय हल। परिणामी बल (OD) गाड़ी को नदी में खींच ले जायेगा।

है, क्योंकि गाड़ी का बोझ कुछ ज्यादा नहीं है (कथा के अनुसार "बोझ उनके लिये काफी हल्का होता")। यदि सरलता के लिये मान लें कि आखिरी स्थिति ही सत्य है (हंस का खिंचावबल और गाड़ी का भार एक दूसरे को संतुलित कर रहे हैं), तो हम देखते हैं कि सिर्फ दो बल बच जाते हैं—मछली और चिंगट के। इन बलों के बारे में कथाकार लिखता है कि "चिंगट खिसक रहा पीछे, और मछली रही तान पानी में"। जाहिर है कि पानी गाड़ी के सामने नहीं, कहीं बगल में था (किलोव के ये परिश्रमी जीव गाड़ी को पानी में डुबाने के लिये ही थोड़े जमा हुए थे!)। इसका मतलब है कि मछली और चिंगट के बलों की दिशा परस्पर

कोई कोण बना रहे थे। यदि बल एक सरल रेखा पर क्रियाशील नहीं हैं, तो उनका परिणामी बल कभी भी शून्य के बराबर नहीं हो सकता।

यांतिकी के नियम के अनुसार दोनों बलों OB तथा OC पर एक समांतर चतुर्भुज बनायें। उसका कर्ण OD परिणामी बल की दिशा व मात्रा धोतित करेगा। स्पष्ट है कि यह परिणामी बल गाड़ी को जरूर खींच ले जायेगा; विशेषकर उस स्थिति में, जब हंस उसके भार को ग्रंशतः या पूर्णतः संतुलित कर रहा है। यह प्रश्न ग्रौर है: किधर खींच ले जायेगा – ग्रागे, पीछे या बगल की ग्रोर? यह इन दो बलों के ग्रनुपात ग्रौर उनके बीच के कोण की माता पर निर्भर करता है।

जिन पाठकों को बलों के संघटन व विघटन का थोड़ा-बहुत अभ्यास है, वे आसानी से देख सकते हैं कि यदि हंस का बल गाड़ी के भार को संतुलित नहीं भी करता है, तो भी गाड़ी अपने स्थान पर अचल नहीं खड़ी रह सकती। सिर्फ एक स्थिति है, जिसमें इन तीन बलों की क्रिया से भी गाड़ी रूकी रहेगी: यदि चक्कों का अक्ष व सड़क के साथ घर्षण काफी बड़ा हो, इतना बड़ा कि सभी तीन बलों के परिणामी से अधिक हो। पर यह बात कहानी के तथ्य के विरूद्ध है। कहानी में कहा गया है कि " बोझ उनके लिये कहीं हल्का होता"।

हर हालत में किलोब विश्वास के साथ नहीं कह सकते थे कि "गाड़ी ग्रमी भी नहीं चली", "गाड़ी ग्रब भी वहीं है", ग्रादि। वैसे, इन बातों रो ग्राख्यायिका से मिलने वाली शिक्षा पर कोई ग्रसर नहीं पड़ता।

#### किलोव के विपरीत

हमने अभी-अभी देखा कि किलोव की शिक्षा — "जब मिलों में मेल गहीं, काम बेढंगा होगा" — यांत्रिकी में सदा खरी नहीं उतरती। बल एक दिशा में नहीं भी लग सकते हैं, पर इसके बावजूद भी कोई न कोई फल दे सकते हैं।

बहुत कम लोग जानते होंगे कि हृदय से परिश्रम करने वाली चींटिया, जिनका श्रादर्श श्रमिकों के रूप में इन्हीं क्रिलोव ने इतना महिमा-गान किया है, मिल-जुल कर इसी विधि से काम करती हैं, जिसकी श्राख्यायिकाकार ने हँसी उड़ायी थी। पर उनका काम ढंग से ही चलता है। मदद करता है

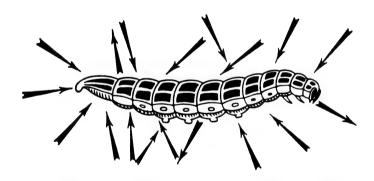


चित्र 13. कीड़े को चींटियां किस प्रकार घसीटती हैं।

यहां पर वही: बल-संयोजन का नियम।
यदि चींटियों को उनके काम करते वक्त
ध्यान से देखेंगे, तो ग्राप मान लेंगे कि
उनकी समझदारी भरी सहकारिता मात्र
मिथक है। वास्तविकता में हर चींटी
सिर्फ ग्रपने लिये काम करती है; दूसरे की सहायता करने को सोचती भी
नहीं।

एक जीवशास्त्री चींटियों के काम का वर्णन इस प्रकार से करते हैं:  $^1$ 

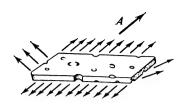
"यदि शिकार काफी बड़ा है और उसे भ्रच्छी चौरस जमीन पर दिसयों चींटियां खींच रही हैं, तो सब एक ही तरह से कार्यरत हैं भ्रौर सहकारिता का स्राभास मिलता है। लेकिन शिकार — मान लें कि कोई कीड़ा — मार्ग में घास या कंकड़ जैसी किसी चीज से फँस जाता है। ग्रब सीधा भ्राग नहीं घसीटा जा सकता, उसे घूमा कर ले जाना चाहिये। यहां पर बिल्कुल स्पष्टता के साथ दिख जाता है कि हर चींटी भ्रपने साथी से कोई सलाह-मशविरा किये बगैर समस्या हल करने के लिये खुद खींच-तान शुरू कर



चित्र 14. चींटियां भ्रपने शिकार को किस प्रकार खींचती हैं। तीरों द्वारा भ्रलग-म्रलग चींटियों का प्रयत्न द्योतित किया गया है।

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> ये . येलाच , "ग्रंतवृं त्ति"।

वती है। एक बायें खींचती है, दूसरी पायं; एक स्रागे, तो दूसरी पीछे। बार-बार जगह बदलती हैं, एक जगह छाड़ कर दूसरी जगह कीडे को पकडती है, श्रौर हरेक श्रपनी मर्जी के श्रनसार उसे खींचती या धकेलती रहती है। इसी चक्कर में कभी ऐसा भी हो जाता है कि कीड़े को एक तरफ से ( उदाहरणार्थ ) चार चींटियां खींचने अगती हैं और दूसरी स्रोर से छे, तो श्रंततोगत्वा कीडा उस स्रोर घिसटने लगी हैं।"



चित्र 15. तीर A की दिशा में स्थित मांद तक पनीर के ट्कड़े को घसीटने के लिये चींटियों का प्रयत्न ।

लगता है, जिधर छे चींटिया

एक श्रौर उदाहरण (किसी दूसरे श्रन्वेष्क से लिया गया) प्रस्तूत करते हैं, जिससे चींटियों की यह मिथ्या सहकारिता ग्रौर भी स्पष्ट हो जाती है। चित्र 15 में पनिर का एक ग्रायताकार टुकड़ा दिखाया गया है, जिसे 25 चींटियां पकड़ कर खींच रही हैं। पनीर मंद गति से तीर A की दिशा में बढ़ रहा है। ग्राप सोच सकते हैं कि ग्रागे की चींटियां पनीर को ग्रपनी प्रोर <mark>खींच रही हैं, पीछे की – उसे म्रागे धकेल रही हैं म्रौर बगल की</mark> चींटियां दोनों की ही मदद कर रही हैं। पर श्रासानी से देखा जा सकता है कि बात ऐसी नहीं है: एक चाकु लीजिये और पनीर की पिछली किनारी (लंबाई के अनुतीर) काट कर अलग कर दीजिये। आगे वाला ट्रकडा ग्रीर जल्दी से ग्रागे बढने लगेगा ग्रीर कटी किनारी पीछे की ग्रीर खिंचने लगेगी। स्पष्ट है कि पीछे से लगी 11 चींटियां पनीर को पीछे ही खींच रही थीं, ग्रागे नहीं धकेल रही थीं। हरेक चींटी की कोशिश यही थी कि पनीर को इस प्रकार से घमा लिया जाये कि उसे खींच कर पीछे चलते हुए मांद तक पहुँचा जा सके। इसका ग्रर्थ है कि पीछे की चींटियां श्रागे याली चींटियों की मदद नहीं कर रही थीं, बल्कि उल्टा, उनके प्रयत्नों को नष्ट करते हए दिल लगा कर उन्हें बाधा पहुँचा रही थीं। पनीर के इस ट्कड़े को खींच ले जाने के लिये चार चींटिया ही काफी थीं, पर बिना गहमित के काम करने का फल यह हुन्ना कि 25 चींटियों को लगना पड़ा।



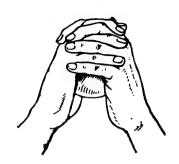
ने भी ध्यान दिया था। वे दो चींटियों के मिलने की एक घटना का वर्णन करते हैं (एक चींटी के पास टिड्डे की एक टांग थी): "दोनों ही टांग के दोनों सिरों को पकड़ लेती हैं और सारी शक्ति से अपनी-अपनी ओर विषरीत दिशाओं में खींचने लगती हैं। दोनों को ही महसूस हो जाता है कि काम में कोई गड़बड़ी है, पर क्या — यह उनकी समझ में नहीं आता। दोनों में तू-तू मैं-मैं शुरू हो जाती है; बहस मार-पीट में परिणत हो जाती है... फिर मेल हो जाता है, और फिर से वही अर्थहीन सम्मिलत श्रम शुरू हो जाता है। मार-पीट में घायल चींटी दूसरी के काम में सिर्फ बाघा ही डालती है। स्वस्थ चींटी सारी शक्ति से शिकार घसीटती चल पड़ती है और साथ-साथ घायल चींटी को भी घसीट ले जाती है। घायल चींटी काम छोड़ देने की बजाय शिकार से लटकी रहती है।" ट्वेन मजाक ही मजाक में बिल्कुल सही बात कहते हैं कि "चींटियां सिर्फ तभी अच्छी तरह से काम करती हैं, जब कोई अनाड़ी प्रकृति-वैज्ञानिक उनके काम का अवलोकन करता है और इन अवलोकनों से गलत-सलत निष्कर्ष निकालता है।"

### क्या ग्रंडे के स्रोल को तोड़ना सरल है?

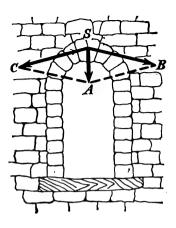
"मृत कृषि-दास" के कीफा मकीयेविच अपनी कुशाग्र बुद्धि जिन दार्श-निक प्रश्नों पर खर्च करते थे, उनमें एक यह भी था: "और यदि हाथी अंडे से पैदा होता, तो ऐसे अंडे का खोल काफी मोटा होता – तोप के गोले से भी नहीं टूटता; उसके लिये शायद कोई दूसरा आग्नेयास्त्र ढूँढ़ना होगा"।

गोगल के इस दार्शनिक पात के आश्चर्य का ठिकाना नहीं रहता, यदि उसे बताया जाता कि साधारण ग्रंडे के खोल को भी तोड़ना इतना सरल नहीं है। वह काफी पतला होता है, पर इतना कोमल नहीं होता। उसके दोनों सिरों को हथेलियों से ग्रड़ा कर उसे दबाने के लिये, कि वह टूट जाये, कुछ कम बल की ग्रावश्यकता नहीं पड़ती है। ग्रंडे के खोल की यह ग्रसाधारण मजबूती सिर्फ उसके उत्तल

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> इस प्रयोग में एक खतरा है, जिससे बचने का उपाय कर लेना ्चाहिये – खोल के नुकीले टुकड़े हथेली में चुभ जा सकते हैं।



जित 16. इस विधि से ग्रंडे को तोड़ने के लिये काफी बल की भावश्यकता है।



चित्र 17. मेहराब की मजबूती का कारण।

रूप पर निर्भर करती है। मकानों में मेहराबी बनावटों की मजबूती का यही कारण है।

चित्र 17 में खिड़की पर एक छोटा सा मेहराब दिख रहा है। बोझ S (प्रर्थात् ऊपरी इँटों का भार) मेहराब के मध्य में स्थित शंक्वाकार इंट को तीर A द्वारा द्योतित बल से नीचे दबाता है। पर यह इँट नीचे गहीं गिर सकती, क्योंकि उसका ग्राकार शंकु जैसा है। वह सिर्फ ग्राल-बगल के इँटो पर दबाव डालती है। समांतर चतुर्भुज के नियम से बल A दा बलों में विघटित होता है, जिसे चित्र में तीर C व B द्वारा द्योतित किया गया है। ये बल पड़ोसी इँटों के प्रतिरोध द्वारा संतुलित हो जाते हैं। ये पड़ोसी इँट भी बगल के इँटों द्वारा दबी रहती हैं। ग्रतः मेहराब पर अपर से कियाशील बल उसे तोड़ नहीं सकता। पर उसे बहुत ग्रासानी से गांद्रा जा सकता है, यदि उस पर नीचे (भीतर) से ग्राक्रमण किया जाये। जारण स्पष्ट है: इँटों का शंक्वाकार उन्हें नीचे नहीं गिरने देता, पर उनके अपर उठने में कोई बाधा नहीं डालता।

ग्रंडे का खोल भी ऐसा ही मेहराब है। फर्क इतना है कि वह व्यौम गतराब है। बाहर से दबाव डालने पर वह इतनी ग्रासानी से नहीं टूटता, जितनी लोग ऐसी कमजोर वस्तु से ग्राशा करते हैं। चार कच्चे ग्रंडों पर काफी भारी टेबुल को रखा जा सकता है, यदि ग्रंडों के सिरों को पेरिस-प्लास्टर लगा कर थोड़ा चौड़ा कर दिया जाये (कठोर चूने के बने खोल के साथ प्लास्टर सरलतापूर्वक चिपक जाता है)। इससे टेबुल को स्थिरता प्रदान की जा सकती है।

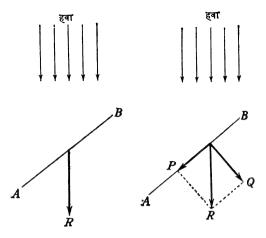
ग्रब ग्राप समझते होंगे कि मुर्गी जब सेने के लिये बैठती है, उसके भार से ग्रंडे के टूटने का डर बिल्कुल नहीं रहता। ग्रौर दूसरी ग्रोर से, चुजे को जब ग्रपनी प्राकृतिक कैंद्र से निकलने की इच्छा होती है, तो भीतर से सरलतापूर्वक ग्रंडे के कवच को तोड़ कर निकल ग्राता है।

चम्मच की किनारी से ठोक कर ग्रंडा फोड़ना बहुत ग्रासान लगता है, इसीलिये हमें संदेह नहीं होता कि नैसर्गिक परिस्थितियों में ग्रंडे पर पड़ने वाले दबावों के लिये उसका खोल कितना मजबूत होता है ग्रौर उसके भीतर पलने वाले जीव के लिये प्रकृति ने कितना विश्वस्त कवच बनाया है।

विद्युत-बल्ब कमजोर लगते हैं, पर उनकी मजबूती का राज वही है, जो ग्रंडे के खोल की मजबूती का। उनकी मजबूती पर ग्राप ग्रौर भी ग्राश्चर्य करेंगे, यदि ग्राप को याद दिला दूँ कि बहुत सारे प्रकार के बल्ब बिल्कुल खाली होते हैं (बात निर्वात बल्बों की चल रही है, गैसीय की नहीं) ग्रौर वाह्य वातावरण के दबाव का प्रतिकार करने के लिये भीतर कुछ भी नहीं होता। बल्ब पर हवा का कोई कम दबाव नहीं पड़ता। 10 cm की चौड़ाई वाले बल्ब पर दोनों ग्रोर से 75 kg का (ग्रादमी के भार से ग्राधक) बल लगता है। प्रयोगों द्वारा सिद्ध होता है कि निर्वात बल्ब इससे 2.5 गुना ग्राधक दबाव सह सकते हैं।

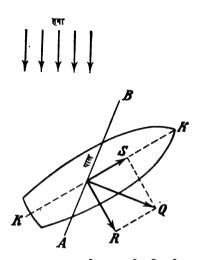
#### हवा के विरुद्ध पाल

पाल वाला जहाज हवा के विरूद्ध कैसे चलता है, इसकी कल्पना करना कठिन है। वैसे नाविक कहते हैं कि हवा के ठीक विपरीत नहीं चला जा सकता। पाल-जहाज को हवा के बहाव के साथ न्यून कोण बनाते हुए चलना पड़ता है। पर यह कोण ग्रत्यंत छोटा है (समकोण के एक चौथाई ग्रंश के बराबर है), ग्रतः समस्या ज्यों की त्यों बनी रहती है: हवा के बहाव के साथ  $22^\circ$  का कोण बनाते हुए भी उसके विपरीत चलना संभव नहीं लगता।



िस्त 18. हवा पाल को हमेशा उसकी सतह के अभिलंब धकेलती है।

यह कोण कम लगता है, पर व्यवहारतः यह नगण्य नहीं है ग्रीर इसकी ाक्षा नहीं की जा सकती। यदि हवा के विरूद्ध चलने में उसी की शक्ति का उपयोग करना हो, तो उसके बहाव की दिशा के साथ इतना कम कोण 4गाने हए चलना ही श्रेष्ठ है। यहां हम इसी बात को दिखाने की कोशिश करंगे। पहले यह देखें कि हवा पाल को प्रभावित किस प्रकार करती है, भणीत जब पाल को हवा के झोंके लगते हैं, तो किस दिशा में वह भवक खाता है। स्राप शायद सोचते होंगे कि हवा जिस दिशा में बहती े, पाल को उसी दिशा में धक्के देती है। पर बात ऐसी नहीं है: हवा किया दिशा में क्यों न बह रही हो, वह पाल को उसके तल के अभिलंब भक्तिती है। मान लें कि हवा चित्र 18 में दर्शित तीरों की दिशा में बह (4) है। AB रेखा पाल को द्योतित कर रही है। पाल के पूरे तल पर हवा 40 दवाव समरूप होता है, स्रतः इस दबाव को बल R द्वारा प्रतिस्थापित िया जा सकता है, जो पाल के मध्य में कियाशील है। इस बल को दो बना P ग्रौर Q में विघटित करते हैं। Q पाल के ग्रिभिलंब है ग्रौर P पाल के पानीर कियाशील है (चित्र 18, दायें)। ग्रंतिम बल P पाल को किसी भा दिशा में नहीं धकेलता, क्योंकि कपडे ग्रौर हवा के बीच घर्षण नगण्य dela। सिर्फ बल Q रह जाता है, जो पाल को उसके ग्रिभिलंब धकेलता होता है।



B

चित्र 19. पाल से हवा के विपरीत जाना।

चित्र 20. पाल वाले जहाज की चाल।

यह जान लेने के बाद हम म्रासानी से समझ जायेंगे कि हवा के साथ न्यून कोण बनाते हुए पाल-जहाज उसके विपरीत कैंसे चल सकता है। मान लें कि रेखा KK ( चित्र 19 ) जहाज की लंबाई के म्रनुतीर है। हवा इस रेखा के साथ न्यून कोण बनाती हुई तीरों की दिशा में बह रही है। AB रेखा पाल को द्योतित करती है। उसकी स्थित ऐसी होती है कि उसका तल हवा बहने की दिशा भ्रौर जहाज के बीच के कोण को समिंद्रभाजित करता है। चित्र 19 में बल के विघटन पर घ्यान दें। पाल पर हवा के कुल दबाव को बल Q द्वारा दर्शाते हैं, जो पाल के म्रिभलंब है। इसे दो बलों R व S में विघटित करते हैं: बल R जहाज के म्रिभलंब है। इसे दो बलों R व S में विघटित करते हैं: बल R जहाज के म्रिभलंब है भ्रौर बल S जहाज के म्रनुतीर कियाशील है। चूँकि R की दिशा में जहाज की गित को पानी म्रवरोधित करता है (पाल-जहाज का निचला भाग पानी में काफी नीचे दूबा रहता है), इसलिये R लगभग पूरी तरह पानी के प्रतिरोध द्वारा संतुलित हो जाता है। सिर्फ बल S बच जाता है, जो ग्रागे की ग्रोर कियाशील है भ्रौर जहाज को हवा के विपरीत एक छोटे कोण पर धकेलता

रहता है। <sup>1</sup> साधारणतया जहाज को चित्र 20 में दिखाये गये टेढ़े-मेढ़े पथ पर चलाया जाता है। नाविकों की बोल-चाल में इसे "पैंतरेबाजी" कहते हैं।

### धार्कमेडिस पृथ्वी उठा लेता या नहीं ?

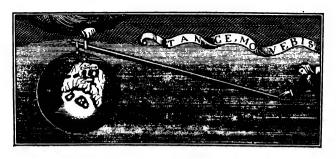
"ग्रालंब-बिंदु दीजिये श्रीर मैं पृथ्वी को उठा लूंगा!"—लोग कहते हैं कि ये शब्द प्राचीन काल के महान यंत्रवेत्ता आकंभेडिस के हैं, जिसने उत्तोलकों के नियम की खोज की थी। प्लुटार्क की एक रचना में श्राप पढ़ सकते हैं—"एक बार आकंभेडिस ने सिराकुज के राजा हियेरोन को, जो उसका मित्र और सगोत्र था, लिखा कि इस बल से कोई भी भार उठाया जा सकता है। प्रमाणों के जोश में आकर उसने यह भी जोड़ दिया कि यदि एक और पृथ्वी होती, तो उस पर जाकर वह हमारी पृथ्वी को उठा लेता।"

श्राकंमेडिस जानता था कि यदि उत्तोलक का व्यवहार किया जाये, तो ऐसा कोई बोझ नहीं है, जिसे क्षीण से क्षीण बल द्वारा भी नहीं उठाया जा सकता। इस बल को उत्तोलक के लंबे भाग पर लगाते ही उसका छोटा भाग बोझ पर प्रभाव डालने लगेगा। इसी लिये वह सोचता था कि यदि उत्तोलक के श्रत्यंत बड़े भाग पर जोर लगाया जाये, तो हाथ की शक्ति से ऐसा बोझ उठाया जा सकता है, जिसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान के बराबर हो। <sup>2</sup>

लेकिन यदि प्रचीन युग के महान यंत्रवेत्ता को मालूम होता कि पृथ्वी का द्रव्यमान कितना बड़ा है, तो शायद वह ऐसा वादा नहीं करता। क्षण भर को मान लें कि आकंमेडिस को "दूसरी पृथ्वी" ( अर्थात् आलंब-बिंदु ), जिसे वह ढूँढ़ रहा था, मिल गयी है। यह भी मान लें कि उसने आवश्यक

 $<sup>^1</sup>$  यह सिद्ध किया जा सकता है कि बल S का मान तब अधिकतम होता है, जब पाल का तल जहाज और हवा के बीच के कोण को समिद्धिभाजित करता है।

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> समस्या को सही रूप देने के लिये "पृथ्वी को उठाना" शब्दों को कुछ दूसरे श्रर्थ में लेना चाहिये: पृथ्वी-तल पर हमारे ग्रह के द्रव्यमान के बराबर द्रव्यमान वाले बोझ को उठाना।



चित्र 21. "ग्रर्कमेडिस उत्तोलक से पृथ्वी उठा रहे हैं" वैरीनियन (1787) द्वारा लिखित यांत्रिकी की पुस्तक से।

लंबाई का उत्तोलक भी तैयार कर लिया है। ग्राप जानते हैं कि पृथ्वी के बराबर द्रव्यमान वाले बोझ को सिर्फ एक सेंटीमीटर उठाने में ग्रार्कमेडिस को कितना समय लगेगा? ज्यादा नहीं, सिर्फ दस खरब वर्ष !

विश्वास करें। खगोलशास्त्रियों को पृथ्वी का द्रव्यमान ज्ञात है; <sup>1</sup> पृथ्वी पर इतने द्रव्यमान वाले पिंड का भार होता लगभग

6 000 000 000 000 000 000 000 टन।

यदि कोई म्रादमी हाथों से सिर्फ 60 kg उठा सकता है, तो इतने बड़े पिंड को उठाने के लिये उसे ऐसे उत्तोलक का सहारा लेना पड़ता, जिसका बड़ा भाग छोटे से म्रधिक होता

100 000 000 000 000 000 000 000 गुना !

साधारण कलन से यह दिखाया जा सकता है कि उत्तोलक के छोटे भाग के सिरे को  $1\,\mathrm{cm}$  उठाने के लिये दूसरे सिरे को ब्रह्मांड में एक विशाल चाप पर चलाना होगा, जिसकी लंबाई होगी

1 000 000 000 000 000 000 km.

पृथ्वी को सिर्फ 1 cm "उठाने" के लिये उत्तोलक पर जोर लगाने

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यह कैसे ज्ञात किया जाता है, इसके बारे में दे. "मनोरंजक खगोल-शास्त्र"।

वाले हाथ को इतनी बड़ी कल्पनातीत दूरी तय करनी पड़ेगी! कितना समय लगेगा इसमें? यदि मान लें कि आर्कमेडिस 60~kg का बोभ एक सेकेंड में 1~m उठा सकता था (पूरी एक अश्व-शक्ति की कार्य क्षमता है यह!), तो पृथ्वी को 1~cm "उठाने" के लिये उसे लगते

 $1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$  सेकेंड ,

या तीन सौ खरब वर्ष ! म्रपने लंबे जीवन-काल में म्राकंमेडिस पृथ्वी को महीन से महीन बाल की मटाई जितना ऊँचा भी नहीं उठा सकता...

यह प्रतिभावान ग्राविष्कारक इस ग्रविध को किसी भी उपाय से पर्याप्त रूप से कम नहीं कर पाता। यांतिकी के "स्वर्ण नियम" के ग्रनुसार किसी भी मशीन में बल-लाभ के साथ-साथ स्थानांतरण-दीर्घता के कारण समय का नुकसान ग्रवश्यंभावी है। यदि ग्राकंमेडिस सबसे बड़ी क्षिप्रता, जो प्रकृति में संभव है, — प्रकाश के वेग 300 000 km प्रति सेकेंड — से भी हाथ घुमाता, तो इस कल्पनातीत स्थिति में भी पृथ्वी को 1 cm "उठाने" में उसे सौ लाखा से भी ग्रधिक वर्षों तक काम करना पड़ता।

# जूल वेर्न का भीम और ऐलर का सूत्र

ग्राप को जूल वेर्न के हट्टे-कट्टे भीमकाय मैटिफ की याद है? विशाल कद के अनुपात में उसका सर भी काफी बड़ा था; छाती लुहार की भाँथी जैसी थी; पैर शहतीरों की तरह थे; हाथ भार उठाने वाले केन की तरह ग्रौर मुिट्टियां हथौड़े जैसी थीं... "उपन्यास" मैटियस सैंडोर्फ" में उसकी जिन वीर-गाथाग्रों का वर्णन किया गया है, उनमें से ग्रापको एक किस्सा अवश्य याद होगा, जब वह निर्माण स्थल से पानी की ग्रोर फिसलते जहाज "ताबाकोलों" को अपने बाहुबल से खींच कर रोक लेता है। जहाज बिल्कुल नया था ग्रौर उसे पहली बार पानी में छोड़ा जा रहा था।

उपन्यासकार इस कारनामे का वर्णन यूँ करता है:

"जहाज पार्श्वीय शिकंजों से छूट चुका था ग्रौर नत चब्रतरे पर फिसलता हुग्रा समुद्र में छूटने को तैयार था। सिर्फ रस्सा हटाने की देर थी कि जहाज फिसल पड़ता। करीब ग्राध दर्जन मिस्त्री जहाज की पेंदी के पास लगे हुए कुछ तैयारी कर रहे थे। दर्शकों की भीड़ उत्सुकतापूर्वक खड़ी देख रही थी। इसी बीच घाट के बगल से निकल कर एक विहार-नौका सामने ग्रा गयी। बंदरगाह तक पहुँचने के लिये उसे ब्राबाकोलों के छूटने की जगह के सामने से गुजरना था। जैसे ही उसने ग्रपने ग्राने की सीटी बजायी, दुर्घटना के डर से जहाज के उद्घाटन को कुछ देर के लिये स्थिगत कर दिया गया। यदि नौका के पार्श्व में इतने बड़े जहाज का इतने वेग से धक्का लगता, तो नौका को खत्म ही हो जाना था। सभी इंतजार करने लगे कि नौका कब नहर में प्रवेश कर जाती है।

मिस्त्रियों ने ठोक-पीट बंद कर दी। सभी की ग्रांखे इस भव्य पोत पर लगी हुई थीं। उसका सफेद पाल सूर्य की तिरछी किरणों से सुनहला हो रहा था। शीघ्र ही विहार-नौका पोत के निर्माण-स्थल के ठीक सामने से गुजरने लगी, जहाँ उत्सुक दर्शकों की भीड़ प्रतीक्षा कर रही थी। ग्रचानक भय-मिश्रित चीखें सुनायी देने लगीं: "ताबाकोलों" ने एक हिचकोला लिया ग्रौर समूद्र की ग्रोर सरकने लगा। विहार-नौका का पार्श्व ठीक सामने था। दोनों ही जहाज – एक छोटा ग्रौर एक बड़ा – टकराने के लिये तैयार हो चुके थे। उन्हें रोकने के लिये न तो समय था, न कोई उपाय ही। "ताबाकोलों" नत तल पर तेजी के साथ फिसल रहा था... घर्षण से उत्पन्न सफेद धुँगा उसके नाक के सामने नाच उठा ग्रौर उसकी दुम या दुंबाल पानी में पहुँच चुकी थी (जहाज दुम की तरफ से पानी में उतर रहा था – या.पे.)।

उसी समय एक आदमी सामने आता है। वह "वाबाकोलो" के पीछे से लटकते रस्से को पकड़ लेता है और जमीन की ओर झुक कर खींचते हुए उसे रोकने की कोशिश करता है। एक मिनट में वह जमीन में घँसे लोहे के पाइप पर रस्से से चंद लपेटें डाल लेता है और दस सेकेंड तक अमानवीय शक्ति से रस्से को खींच कर रोके रखता है। अंत में रस्सा टूट जाता है। पर ये दस सेकेंड काफी थे: "वाबाकोलो" पानी में उतर आया और नौका को हल्के से छुता हुआ आगे बढ़ गया।

नौका बच गयी थीं। श्रौर जिस श्रादमी ने उसकी रक्षा की थी, वह था मैटिफ।" उपन्यासकार को कितना भ्राश्चर्य होता, यदि उससे कहा जाता कि ऐसे कारनामे के लिये मैटिफ की तरह भीमसेन बनने की कोई जरूरत नहीं थी। चलते दिमाग का कोई भी भ्रादमी यह कर लेता।

यांतिकी कहती है कि शहतीर या स्तंभ पर लिपटा रस्सा जब खिसकता है, तो दोनों के बीच का घर्षण-बल श्रत्यंत बड़ा होता है। रस्सा जितनी ही बार लपेटा जायेगा, घर्षण उतना ही ग्रधिक होगा। घर्षण के बढ़ने का नियम इस प्रकार है कि यदि लपेटनों की संख्या समांतर श्रेढ़ी के रूप में बढ़े, तो घर्षण गुणोत्तर श्रेढ़ी की तरह बढ़ेगा। इसीलिये कमजोर बच्चा भी स्थिर बेलन पर तीन-चार बार लपेटे रस्से के छोर को पकड़े हुए काफी बड़े बल को संतुलित कर ले सकता है।

कच्ची उम्र के लड़के इसी विधि द्वारा सैंकड़ों यात्रियों समेत जहाजों को नदी के घाट पर रोक कर रखते हैं। यह उनके बाहु-बल का कमाल नहीं है, खुँटे के साथ रस्से के घर्षण का कमाल है।

XVIII-वीं शती के विख्यात गणितज्ञ ऐलर ने खूँटे के गिर्द रस्से को लपेटने की संख्या पर घर्षण-बल की निर्भरता का निर्धारण किया था। जिन्हें बीजगणित की संक्षिप्त भाषा से डर महीं लगता, उनके लिये हम ऐलर का सूत्र दे रहे हैं:

# $F = fe^{ka}$

यहां F वह बल है, जिसके विरुद्ध हम ग्रंपनी शक्ति f लगा रहे हैं। वर्ण e नैसर्गिक लघुगणक के ग्राधार (संख्या 2.718...) को द्योतित करता है। k- रस्से के साथ खूँटे का घर्षण-गुणांक है। वर्ण  $\alpha$  द्वारा "लपेटन कोण", ग्रंथीत्, रस्से द्वारा बनाये गये चाप की लंबाई ग्रीर इस चाप की विज्या का ग्रंनुपात व्यक्त किया गया है।

सूत्र को उस स्थिति के लिये लागू करें, जिसका वर्णन जूल वेर्न ने किया है। परिणाम ग्राश्चर्यजनक रहेगा। इस स्थिति में बल F डोक पर फिसलते जहाज का तनाव-बल होगा। जहाज का भार उपन्यास से ज्ञात है: 50 टन। निर्माण-चबूतरे का नतन यदि  $^1/_{10}$  था, तो रस्से को जहाज ग्रपने पूरे भार से नहीं, उसके  $^1/_{10}$  ग्रंश, ग्रर्थात् 5 टन या 5000 kg से खींच रहा था।

राशि k-खूँटे के साथ रस्से के घर्षण-गुणांक — को  $^1/_3$  मान लेते हैं।

α का मान सरलतापूर्वक निर्धारित हो सकता है, यदि मान लें कि मैटिफ ने खुँटे पर रस्से के तीन लपेटन डाले। इस स्थिति में

$$\alpha = \frac{3 \times 2 \pi r}{r} = 6 \pi$$

इन मूल्यों को उपरोक्त सूत्र में बैठाने पर निम्न समीकरण प्राप्त होगा:

$$5000 = f \cdot 2.72^{6 \pi \cdot \frac{1}{3}} = f \cdot 2.72^{2 \pi}$$

ग्रज्ञात राशि f (ग्रर्थात् जहाज को रोकने वाली शक्ति) इस समीकरण द्वारा ज्ञात हो सकती है, यदि लघुगणकों की सहायता ली जाये:

$$\lg 5000 = \lg f + 2 \pi \lg 2.72$$
, इससे  $f = 9.3 \lg 6$ 

इस प्रकार, वीरता का कार्य संपन्न करने के लिये "भीमसेन" को रस्सा सिर्फ 10 kg के बल से खींचना था।

यह मत सोचिये कि  $10 \, \mathrm{kg}$  सिर्फ सैंद्धांतिक परिणाम है श्रौर वास्तिविकता में इससे कहीं श्रिधिक बल की श्रावश्यकता होगी। इसके विपरीत, हमारा परिणाम कुछ बढ़ा-चढ़ा कर निकाला गया है। यदि रस्सा सन का होता श्रौर खूँटा लकड़ी का, तो घर्षण-गुणांक k श्रौर भी श्रिधिक होता; श्रतः जहाज को रोकने के लिये श्रौर भी कम शक्ति लगानी पड़ती। यदि रस्सा इतना मजबूत हो कि तनाव से टूट न जाये, तो उसे 3-4 बार लपेट कर एक बच्चा भी जूल वेर्न के भीम की बराबरी ही नहीं कर लेता, उससे कहीं श्रिधक बढ़ जाता।

### गाँठ की मजबूती

हमें संदेह भी नहीं होता कि दिनचरें में हम जाने-अनजाने उसी गुण का उपयोग करते हैं, जिसके बारे में ऐलर का सूत्र बताता है। गाँठ और कुछ नहीं, खूँटे पर लपेटी गयी रस्सी ही है। सिर्फ यहाँ खूँटे का काम उसी रस्सी का दूसरा भाग करता है। किसी भी गाँठ की मजबूती सिर्फ घर्षण पर ही निर्भर करती है, जो सिर्फ इसलिये कई गुना बढ़ जाता है

कि रस्सी ग्रपने चारों ग्रोर लपेटी जाती है। यदि ग्राप गाँठ में रस्सी के मोड़ों पर ध्यान देंगे, तो इस बात की सत्यता में कोई संदेह नहीं रह जायेगा। जितने ही ग्रधिक मोड़ होंगे, रस्सी उतनी ही ग्रधिक बार ग्रपने गिर्द लिपटी होगी, ग्रर्थात् उतना ही ग्रधिक "लपेटन कोण" होगा ग्रौर इसीलिये गाँठ उतना ही ग्रधिक मजबूत होगा।

दर्जी जब बटन सीता है, वह भी अनजाने में इसी बात का उपयोग करता है। सिलाई के स्थान को वह धागे से कई बार लपेट लेता है श्रौर तब जाकर उसे तोड़ता है। यदि धागा खुद कमजोर नहीं है, तो बटन अलग नहीं होगा। यहाँ हमारा परिचित नियम ही व्यवहृत हुआ है; घागे की लपेटन-संख्या जब समांतर श्रेढ़ी के रूप में बढ़ती है, तो सिलाई की मजबूती गुणोत्तर श्रेढ़ी सी बढ़ती है।

यदि घर्षण नहीं होता, तो हम बटन का उपयोग नहीं कर सकते: उसके भार से धागा खुद खुल जाता ग्रौर बटन गिर जाता।

# यदि घर्षण नहीं होता

4+

ग्राप देखते हैं कि कितने भिन्न ग्रौर ग्रभी-कभी ग्राशातीत रूपों में धर्षण प्रकट होता है। घर्षण की भूमिका उन घटनाश्रों में भी काफी गंभीर होती है, जहाँ हमें संदेह भी नहीं होता। यदि घर्षण दुनिया से श्रचानक गायब हो जाये, तो बहुत सारी साधारण परिघटनायें भी ग्रसाधारण रूप से घटने लगेंगी।

फ्रांसीसी भौतिकविद गिलियोम घर्षण की भूमिका का श्रत्यंत रोचक वर्णन करते हैं:

"फिसलन भरी बर्फ पर चलने का अवसर सबों को मिला होगाः गिरने से बचने के लिये वहां कितना प्रयत्न करना पड़ता है, खड़े रहने के लिये वहां कितना प्रयत्न करना पड़ता है, खड़े रहने के लिये वहां कितनी हास्यजनक गितयां करनी पड़ती हैं! यह हमें मानने पर विवश कर देता है कि जमीन में, जिस पर हम चलते हैं, बहुमूल्य गुण है, जिसके कारण हम बिना किसी विशेष प्रयत्न के अपना संतुलन बनाये रखते हैं। हमारे मन में यही विचार उस समय भी उत्पन्न होता है, जब हम फिसलन भरे रास्ते पर साइकिल चलाते हैं, या जब आसफाल्ट पर घोड़ा फिसल कर गिरता है। इस तरह की संवृतियों को

देख कर हम उन परिणामों से अवगत होते हैं, जो घर्षण के कारण होते हैं। इंजिनियर मशीनों में उसे कम करने की कोशिश करते हैं; श्रौर ठीक ही करते हैं। व्यावहारिक यांत्रिकी में घर्षण को बिल्कुल ही अवांछित बात मानते हैं। यह भी अच्छी बात है, लेकिन सिर्फ संकीण व विशेष क्षेत्र में। हर दूसरी स्थिति में हमे घर्षण के प्रति कृतज्ञ होना चाहिये: उसी के कारण हम उठते-बैठते और चलते हैं, काम कर सकते हैं श्रौर हमें इस बात का कोई भय नहीं होता कि किताब और दावात फर्श पर गिर जायेंगे, टेबुल तबतक फिसलता रहेगा, जबतक दीवार से नहीं श्रड़ जायेगा, कलम उंगलियों से फिसल कर गिर जायेगा।

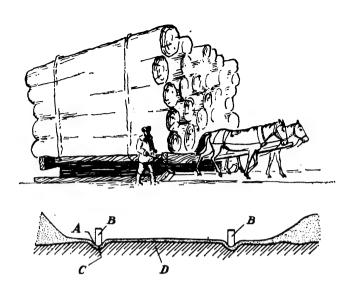
घर्षण इतनी सामान्य संवृत्ति है कि कुछ विशेष स्थितियों को छोड़ कर हमें उसे सहायता के लिये निमंत्रण नहीं देना पड़ता: वह खुद ग्रा जाता है।

घर्षण वस्तुओं को स्थिरता प्रदान करना है। फर्श ऐसा होता है कि
टेबुल-कुर्सी वहीं पड़े रहते हैं, जहाँ उन्हें रखा जाता है। तक्तरी, गिलास
ग्रादि टेबुल पर स्थिर पड़े रहते हैं ग्रौर इसके लिये हमें कोई विशेष प्रयत्न
नहीं करना पड़ता (हिचकोले खाते जहाज पर बात दूसरी होती है)।

मान लें कि घर्षण बिल्कुल खत्म कर दिया जा सकता है। तब कोई भी पिंड, चाहे वे चट्टान हों या रेत-कण, एक दूसरे पर स्थिर नहीं रह सकेंगे; वे लुढ़कते व फिसलते रहेंगे, जबतक कि सभी एक स्तर पर नहीं आ आयेंगे। यदि घर्षण नहीं होता, तो पृथ्वी का गोला द्रव के गोले की तरह बिल्कुल चिकना होता।"

उपरोक्त कथन में और भी जोड़ा जा सकता है कि घर्षण की भ्रनुपस्थिति में पेंच व कीलें दीवार में से फिसल कर बाहर ग्रा जातीं, हाथ में किसी भी वस्तु को पकड़ कर रखना संभव नहीं होता, कोई भी ग्रांधी कभी खत्म नहीं होती, कोई भी ध्विन कभी चूप नहीं होती, वह बिना क्षीण हुए परावर्तित होती रहती (जैसे, कमरे की दीवारों से) ग्रीर हम उसकी भ्रनंत प्रतिध्विनयां सुनते रहते।

घर्षण कितना अधिक महत्व रखता है, इसका मूर्त ज्ञान हमें रास्ते की फिसलन भरी बर्फ देती है। यदि हमें ऐसे रास्ते से जाना पड़ता है, तो हम हर क्षण अपने को असहाय महसूस करते हैं और हर क्षण हमारे गिरने का खतरा रहता है। अखबारों में छपी चंद खबरें देखें ('दिसंबर, 1927):



ात्र 22. ऊपर — बर्फीले पथ पर स्लेज-गाड़ी; दो घोड़े मिल कर 70 टन का भार खींच रहे हैं। नीचे — बर्फीला पथ; A — लीक; B — गाड़ी का बर्फ पर फिसलने वाला भाग; C — दबाव से घनित बर्फ; D — जमीन, जिस पर बर्फीला पथ है।

"लंडन, 21। पिच्छट बर्फ के कारण लंडन में सड़कों पर श्रावागमन किंटिन हो गया है। हाथ-पैर श्रादि टूटने के कारण 1400 व्यक्ति अस्पतालों में दाखिल हुए हैं।"

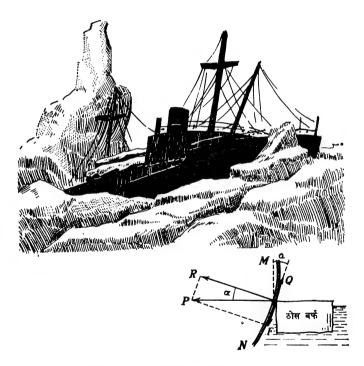
"हाइड-पार्क के निकट दो ट्रामों के साथ टकराने के कारण तीन मोटर-कारों के पेट्रौल में विस्फोट हो गया। कारें पूर्णतया नष्ट हो गयीं...।"

"पेरिस, 21 । पेरिस श्रौर उसके श्रास-पास पिच्छट बर्फ के कारण  $4\sqrt[4]{5}$  दुर्घटनायें हुई हैं...।"

लेकिन बर्फ के नगण्य घर्षण का उपयोग तकनीकी तौर पर सफलतापूर्वक िया जा सकता है। साधारण स्लेज गाड़ी का ही उदाहरण ले सकते हैं। भीर अञ्छा उदाहरण है हिम-पथ। जाड़ों में जंगल से रेलवे स्टेशन तक शहतीरें ढोने के लिये इन पथों का निर्माण किया जाता है। इसमें बर्फ नो निकतो "पटारमा" होती है (चित्र 22), जिस पर दो घोड़े 70 टन भारतीर को सकते हैं।

# "बेल्पूस्किन" की दुर्घटना के भौतिक कारण

उपरोक्त बातों से यह निष्कर्ष निकालने की जल्दबाजी न करें कि बर्फ के साथ घर्षण हर परिस्थिति में नगण्य होता है। कभी-कभी वह काफी अधिक होता है, चाहे तापकम शून्य के निकट ही क्यों न हो। जब हिम-भंजक जहाजों के फौलादी अस्तर के साथ ध्रुववर्ती सागरों की बर्फ के घर्षण का बारीकी से अध्ययन किया गया, तो पता चला कि वह आशातीत



चित्र 23. हिम चट्टानों से दबा हुग्रा "चेल्यूस्किन"। नीचे: जहाज के पार्श्व MN पर बर्फ के दबाव से उत्पन्न बलों की किया।

रूप से ग्रधिक है। वह लोहे के साथ लोहे के घर्षण से कुछ कम नहीं होता: जहाज के फौलादी ग्रस्तर के साथ बर्फ का घर्षण-गुणांक 0.2 के बराबर है।

बर्फ पर जहाज चलाने में इस सांख्यिक मान का कितना महत्त्व है, यह समझने के लिये चित्र 23 पर गौर करें। उसमें जहाज के पार्श्व MN पर हिम-दाब के बल की दिशा दिखायी गयी है। हिम-दाब का बल P दो बलों में विघटित होता है -R, जो पार्श्व के ग्रिभलंब है ग्रौर F, जो पार्श्व की स्पर्शरेखीय दिशा में कियाशील है। P ग्रौर R के बीच का कोण उदग्र रेखा के साथ पार्श्व MN के झुकाव का कोण है। बर्फ के साथ पार्श्व के घर्षण का बल Q घर्षणगुणांक से गुणित बल R के बराबर है, ग्रर्थात्  $Q=0.2\,R$ । यदि F घर्षण-बल Q से ग्रिधक है, तो वह हिम-शैलों को पानी के नीचे घसीट ले जाता है। हिम-शैल पार्श्व के सहारे फिसलते रहते हैं ग्रौर जहाज को नुकसान नहीं पहुँचाते। पर यदि बल Q बड़ा है F से, तो घर्षण बर्फ के पिघलने में बाधक होता है। हिम का यह दबाव यदि दीर्घकाल तक बना रहे, तो जहाज का पार्श्व पिचक जा सकता है।

Q < F कब होगा ? सरलतापूर्वक देख सकते हैं कि  $F = R \lg \alpha$ ; स्रतः  $Q < R \lg \alpha$ ; पर Q = 0.2 R, स्रतः  $Q < F \lg \alpha$ री स्रसमिका देती है :

$$0.2R < R \lg \alpha$$
, या  $\lg \alpha > 0.2$ 

सारणी में ऐसा कोण ढूँढ़ते हैं, जिसकी स्पर्शज्या 0.2 के बराबर होती है। ऐसा कोण  $11^\circ$  के बराबर होता है। ग्रर्थात् Q < F है तब, जब  $\alpha > 11^\circ$ । इससे ज्ञात होता है कि उदग्र रेखा के साथ पार्श्व का झुकाव कितना होना चाहिये, ताकि जहाज बिला खतरा बर्फ पर चल सके। यह झुकाव  $11^\circ$  से कम नहीं होना चाहिये।

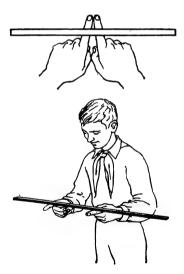
भ्रब "चेल्यूस्किन" की दुर्घटना की भ्रोर लौटते हैं। वह हिम-भंजक नहीं, स्टीमर जहाज था। वह पूरे उत्तरी सागर-पथ को पार कर गया, लेकिन बेरिंग जलडमरूमध्य में हिम-शैलों के बीच फँस गया।

हिम-शैलों के साथ "चेल्यूस्किन" सुदूर उत्तर की ग्रोर बह चला (फरवरी, 1934) ग्रौर ग्रंत में उनके दबाव से पिचक गया। दो महीनों लंबा यात्रियों का साहसपूर्ण जीवन ग्रौर वीर विमान-चालकों द्वारा उनकी रक्षा की घटना बहुतों को याद होगी। दुर्घटना का एक वर्णन देखें:

"जहाज का फौलादी कोरपुस जल्द भ्रात्म-समर्पण करने वाला नहीं था, — भ्रभियान के नेता भ्रो. यू. श्मित ने रेडियो पर खबर दी। — साफ महसूस हो रहा था कि बर्फ जहाज को कैंसे दोनों तरफ से दबा रहा है भ्रौर उसका फौलादी भ्रस्तर उसे वापस धकेलता हुम्रा चरमरा रहा है। बर्फ का भ्राक्रमण धीमी गित से जारी रहा, पर उसका कोई निवारण नहीं था। भ्रस्तर के जोड़ टूट रहे थे। कीलों के उखड़ने की चटचटाहट सुनायी दे रही थी। क्षण भर बाद ही वाम पार्श्व पूरी तरह उखड़ चुका था...।"

जो कुछ यहाँ कहा गया है, इससे पाठक दुर्घटना का भौतिक कारण समझ गये होंगे। व्यावहारिक निष्कर्ष यह है कि हिम-सागर पर चलने वाले जहाजों के पार्श्व का उदग्र रेखा के साथ झुकाव 11 डिग्री से कम नहीं होना चाहिये।

### संवुलित डंडा



चित्र 24. गज के साथ प्रयोग, नीचे – प्रयोग का ग्रंत।

तर्जनियों पर चित्र 24 की भाँति एक चिकना डंडा रख लें ग्रौर उंगलियों को एक दूसरे की स्रोर खिसकायें। जब वे ग्रापस में सट जायेंगी, एक विचित्र बात देखने को मिलेगी - उंगलियों की इस ग्रंतिम स्थिति में डंडा गिरता नहीं है. ग्रपना संतुलन कायम रखता है। म्राप इस प्रयोग को कई बार दूहरा सकते हैं; उंगलियों की आरंभिक स्थिति जो भी रही हो, ग्रंतिम परिणाम हमेशा यही होगा: डंडा संतुलित हो जाया करेगा। डंडे की जगह म्राप कोई भी छडी जैसी चीज ले सकते हैं, भ्रापको यही विशेषता नजर ग्रायेगी।



चित्र 25. वही प्रयोग झाड़ू के साथ। पलड़े संतुलित क्यों नहीं होते?

इसका रहस्य क्या है?

एक बात स्पष्ट है: यदि सटी उंगिलयों पर डंडा संतुलित हो जाता है, तो इसका मतलब है कि उंगिलयों डंडे के गुरूत्व-केंद्र के नीचे हैं (पिंड संतुलन की प्रवस्था में तभी रहता है, जब उसके गुरूत्व-केंद्र से गुजरने वाली शाहुल रेखा ग्रालंब क्षेत्र के भीतर गिरती है)।

जब उंगलियां परस्पर दूर होती हैं, तो ग्रधिक बोझ उस उंगली पर

पड़ेगा, जो डंडे के गुरूत्व केंद्र के निकट होगी। दाब के साथ-साथ घर्षण भी बढ़ता है। गुरूत्व-केंद्र के निकट वाली उंगली श्रपेक्षाकृत श्रधिक घर्षण महसूस करती है श्रौर इसीलिये डंडे के नीचे श्रासानी से नहीं फिसलती; जो उंगली गुरूत्व-केंद्र से दूर होती है, वही खिसकती है। पर ज्यों ही वह दूसरी की श्रपेक्षा गुरूत्व-केंद्र से श्रधिक निकट हो जाती है, उंगलियों की भूमिकायें बदल जाती हैं: श्रब दूसरी उंगली खिसकने लगती है श्रौर पहली स्थिर रहती है। भूमिकाश्रों की श्रदला-बदली तबतक होती रहती है, जबतक कि दोनों श्रापस में सट नहीं जातीं। श्रौर चूँकि हर बार सिर्फ वह उंगली खिसकती है, जो गुरूत्व-केंद्र से दूर होती है, स्वाभाविक है कि दोनों उंगलियां श्रंततोगत्वा गुरूत्व-केंद्र के ठीक नीचे श्राकर सटती हैं।

ग्रंत में यह प्रयोग फर्श साफ करने वाले ब्रश के साथ दुहरायें (चित्र 25, ऊपर) ग्रौर निम्न प्रश्न का उत्तर सोचें: यदि ब्रश को ठीक उस स्थान से काट दिया जाये, जहां से वह उंगलियों पर संतुलित हो जाता है ग्रौर दोनों टुकड़ों को तराजू के ग्रलग-ग्रलग पलड़ों पर रखा जाये (चित्र 25, नीचे), तो कौन सा पलड़ा भारी होगा — डंडे वाला या ब्रश वाला?

लगता है कि यदि अश के दोनों टुकड़े एक दूसरे को संतुलित कर सकते हैं, तो तराजू के पलड़ों पर भी वे एक दूसरे को संतुलित रखेंगे। पर यास्तविकता में अश वाला पलड़ा भारी निकलेगा। कारण समझना कठिन नहीं है, यदि इस बात को ध्यान में रखें कि पहले दोनों टुकड़ों के भार-बल टेक (उंगलियों) से भिन्न दूरियों पर कियाशील थे। पलड़ों पर इन टुकड़ों को रखने से ये ही बल टेक-बिंदु से समान दूरियों पर कियाशील होते हैं।

लेनिनग्राद सांस्कृतिक उद्यान की "मनोरंजक विज्ञान प्रदर्शनी" में मैंने कई डंडे रखवाये, जिनमें गुरूत्व-केंद्रों की स्थितियां भिन्न थीं। हर डंडा ठीक उस स्थान से दो टुकड़ों में विभक्त हो सकता था, जहाँ उसका गुरूत्वकेंद्र था। दर्शक इन टुकड़ों को तराजू के पलड़ों पर रख कर ग्राश्चर्यचिकित हो जाते थे कि छोटा भाग बड़े वाले से ग्रधिक भारी है।

# चकगति

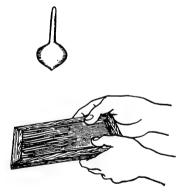
# नाचता लट्टू नहीं गिरता

इसका सही कारण बहुत कम लोग बता सकते हैं, यद्यपि बचपन में लट्टू या घिरनी सभी ने नचाया होगा। नाचते लट्टू को सीधा भी रख सकते हैं, श्रौर तिरछा भी; वह गिरता नहीं है। कौन सी शक्ति उसे गिरने से रोकती है? क्या गुरूत्व उस पर अपना प्रभाव नहीं डालता? यहाँ बलों की आपसी किया अत्यंत रोचक है, पर लट्टू का सिद्धांत सरल नहीं है श्रौर उसकी गहराइयों में हम नहीं जायेंगे। हम सिर्फ यह देख लें कि नाचते लट्टू (या घिरनी) के नहीं गिरने का मुख्य कारण क्या है।

चित्र 26 में एक घिरनी दिखायी गयी है, जो तीर की दिशा में नाच रही है। उसकी किनारी पर स्नामने-सामने के भागों A व B पर



चित्र 26. **घिरनी गिरती क्यों** नहीं ?



चित्र 27. नाचती घिरनी को उछालने पर वह अपने अक्ष की आरंभिक स्थिति अपरिवर्तित रखती है।

गौर करें। भाग A आप से दूर भाग रहा है और भाग B आपकी श्रोर श्रा रहा है। श्रव श्राप घिरनी को हल्की ठोकर देकर उसके ग्रक्ष को थोड़ा अपनी श्रोर झुका दें और देखें कि इन भागों की गितयों पर क्या प्रभाव पड़ता है। इस ठोकर के कारण भाग A ऊर्ध्वगित प्राप्त करता है और भाग B नीचे की श्रोर गितमान हो जाता है। धक्का दोनों ही भागों को उनकी श्रपनी गितयों के लंब की दिशा में प्राप्त होता है। यदि घिरनी काफी तेजी से नाच रही है, तो इन भागों का घूर्णन वेग काफी प्रधिक होगा। बिंदुओं के इस बड़े वेग के साथ जब ग्रापकी ठोकर से प्राप्त क्षुद्र वेग जुड़ता है, तो ग्रारंभिक बड़े वेग पर बहुत कम ग्रसर पड़ता है ग्रीर मिलने वाला परिणामी वेग इसके निकट होता है। इससे स्पष्ट हो जाता है कि घिरनी ठोकर का प्रतिरोध करती सी क्यों प्रतीत होती है। घरनी जितनी ही भारी होगी ग्रीर उसका घूर्णन जितना ही तेज होगा, वह धक्के का उतना ही ग्रिधक प्रतिरोध करेगी।

सारत: यह व्याख्या जड़त्व से संबद्ध है। घिरनी के सभी कण वृत्ताकार पर्थों पर घूमते हैं श्रौर ये पथ श्रक्ष के श्रभिलंब समतलों पर हैं। जड़त्व नियम के अनुसार कण हर क्षण वृत्ताकार पथ को छोड़ कर वृत्त की स्पर्शरेखा की दिशा में सरल रेखा पर भागने को प्रवृत्त रहता है। चूँ कि किसी भी वृत्त की सभी स्पर्शरेखायें उसी समतल पर होती हैं, जिस पर स्वयं वृत्त होता है, इसलिये हर कण श्रपने वृत्ताकार पथ वाले समतल पर ही बने रहने की कोशिश करता है। हमें ज्ञात है कि यह समतल घरनी के श्रक्ष पर लंब है। इससे निष्कर्ष निकलता है कि घरनी में श्रक्ष के श्रभिलंब सभी समतलों की प्रवृत्ति व्योम में श्रपनी स्थिति स्थायी बनाये रखने की होती है श्रौर इसीलिये उनका सामूहिक लंब, श्रर्थात् श्रक्ष, भी श्रपनी स्थिति स्थायी रखने की प्रवृत्ति रखता है।

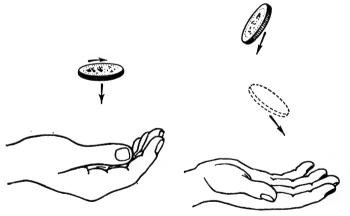
हम घिरनी पर वाह्य बलों के प्रभाव से उत्पन्न होने वाले सभी बलों को नहीं देखेंगे, क्योंकि व्याख्या काफी बड़ी व नीरस हो जायेगी। मैं सिर्फ इतना समझाना चाहता था कि हर घूर्णनरत पिंड घूर्णन के ग्रक्ष की दिशा को स्थायी रखने की चेष्टा करता है।

श्राधुनिक तकनीकी में इस गुण का काफी विस्तृत उपयोग है। जहाजों व विमानों में कंपास, स्थावक (स्टैबिलाइज़र) श्रादि जैसे वलयदर्शी उपकरण लगाये जाते हैं श्रोर इनका श्राधार भी लट्टू का ही गुण है। लट्ट, घिरनी जैसे साधारण खिलौनों के भी कितने लाभप्रद उपयोग हैं! घूर्णन तोप के गोलों को उनकी उड़ान के समय स्थिरता देता है। घूर्णन का उपयोग ग्रंतरीक्षी तोप-गोलों – स्पूतनिकों व राकेटों – को भी स्थिरता प्रदान करने के लिये किया जा सकता है।

#### बाजीगरी

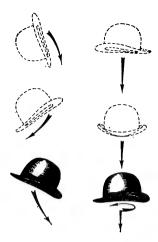
बाजीगरी के कमाल दिखाने में भी अधिकतर उसी गुण का उपयोग किया जाता है, जिसके कारण घूर्णनरत पिंड अपने अक्ष की दिशा को स्थायी बनाये रखता है। अंग्रेज भौतिकविद् जोन पेरी अपनी पुस्तक "लट्टू का नाच" में लिखते हैं:

"विक्टोरिया रंगशाला के म्रालीशान कक्ष में एक दिन मैं कौफी स्रौर सिगरेट का मजा लेते दर्शकों को कुछ प्रयोग दिखा रहा था। मैं यथासंभव रोचक शब्दों में बता रहा था कि छल्ले को घूर्णन-गति के साथ फेंकना चाहिये, यदि स्राप पहले से जानना चाहते हैं कि वह कहां स्रौर कैसे



चिव 28. घूर्णन के साथ उछालने पर सिक्के की उडान।

चित्र 29. बिना घूर्णन दिये उछालने पर सिक्का किसी भी स्थिति में गिर सकता है; यह सिर्फ संयोग की बात होगी।



चित्र 30. टोप को लोकना स्रासान है,यदि उसे ग्रक्ष के गिर्द घूर्णन दे कर उछाला जाये।

गिरेगा। टोप को छडी की नोक पर लोक सकने के लिये उसे चक्कर देते हुए ही ऊपर उछालते हैं। घूर्णनरत पिंड ग्रक्ष की स्थिति में किसी भी परिवर्तन का प्रतिरोध करता है – इस गुण का सदा ही भरोसा किया जा सकता है; ग्राप धोखा नहीं खायेंगे। इसके बाद मैंने समझाया कि भीतर से बिल्कूल चिकनी नली वाले तोप से सही निशाना नहीं लगाया जा सकता। ग्रक्सर नली की भीतरी दीकार पर पेंचदार कटाव बने होते हैं, जिसमें गोले की निकली हुई किनारी फँसी रहती है। तोप दागने पर बारूद की विस्फोट-शक्ति जब गोले को निकालने के लिये धक्का देती है, गोला सीधा नहीं, पेंच के सहारे चक्कर खाता हम्रा निकलता है। निकलते वक्त उसकी एक विशेष घर्णन गति होती है।

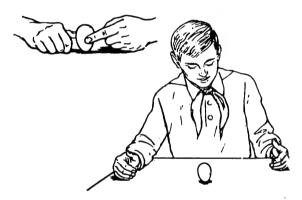
ग्रुपने व्याख्यान में मैं इससे ग्रिधिक कुछ नहीं कर सकता था, क्योंकि मुझे बाजीगरों की तरह टोप ग्रीर तशतिरयां उछालना नहीं ग्राता। पर मेरे व्याख्यान के समाप्त होते ही मंच पर दो बाजीगर ग्रा गये। कहना नहीं होगा कि जिन नियमों को मैं समझाने की कोशिश कर रहा था, उन्हें दृश्य-सुगम बनाने के लिये इन कलाकारों के करतव से बढ़ कर दूसरा कोई प्रयोग नहीं दिखाया जा सकता था। वे चुस्ती के साथ टोप, छाते, मुग्दर, तश्तिरयां ग्रादि एक दूसरे की ग्रोर फेंकते ग्रौर लोकते जा रहे थे...। एक बाजीगर एक के बाद एक कई छूरे हवा में उछाल कर उन्हें लोके जा रहा था ग्रीर पुन: वापस फेंके जा रहा था। कोई चूक नहीं हो रही थी। दर्शक ग्रभी-ग्रभी इन संवृत्तियों की व्याख्या सुन चुके थे, ग्रतः वे प्रसन्न हो रहे थे कि वे इन खेलों का रहस्य जानते हैं। बाजीगर छूरी को फेंकते वक्त किस प्रकार उन्हें घूर्णन देता है, ताकि उसे पता रहे कि छूरी किस स्थित में उसके पास लौटेगी—दर्शक यह सब देख रहे थे।

स्वयं मैं दंग था कि वहां बाजीगरी के सारे खेल उपरोक्त नियम की सत्यता को ही दर्शा रहे थे।"

### कोलंबो की समस्या का नया हल

ग्रंडे को कैसे खड़ा किया जाये – इस विख्यात समस्या का हल कोलंबो ने कुछ ज्यादा ही सरलता से किया था: उसने ग्रंडे के खोल को थोड़ा दबा कर तोड़ दिया और उसे टेबुल पर खड़ा कर दिया। 1

सच पूछें, तो समस्या का यह हल सही नहीं है: ग्रंडे का खोल तोड़ कर कोलंडो ने उसका **रूप** बदल दिया श्रौर इसका ग्रर्थ है कि उसने ग्रंडे



जिल 31. कोलंबो की समस्या का हल: ग्रंडा घूर्णन करता हुग्रा ग्रपने सिरे पर खड़ा है।

¹ वैसे, इस किस्से का कोई ऐतिहासिक ग्राधार नहीं है। प्रसिद्ध नाविक कोलंबो ने ऐसा किया था — यह ग्रफवाह ही है। यह किया था बिल्कुल दूसरे व्यक्ति ने ग्रौर बिल्कुल दूसरी परिस्थितियों में। इतालियन बास्तुकार बुनेल्स्की (1377-1446) कोलंबो से बहुत पहले हुए थे। पलोरेंस के गिरजे का विशाल गुंबज बना कर उन्होंने कहा :" मेरा गंबज इतना टिकाऊ है, जितना यह ग्रंडा ग्रपनी नोक पर!" (ग्रौर उन्होंने नोक तोड़ कर ग्रंडे को टेबुल पर खड़ा कर दिया)।

को नहीं, बिल्कुल दूसरे पिंड को खड़ा किया था। समस्या का सार तो ग्रंडे के रूप में ही था। रूप बदल जाने से ग्रंडा ग्रंडा नहीं रह नया, वह दूसरे पिंड में परिणत हो गया। कोलंबो ने उस पिंड के लिये हल नहीं दिया, जिसके लिये ढूँढा जा रहा था।

समस्या का हल ग्रंडे का रूप बदले बगैर भी संभव है। ग्रापको बस लट्टू के गुण का उपयोग करना पड़ेगा। ग्रंडे को उसके लंबे ग्रक्ष के गिर्द घूर्णन गित देने से ग्रंडा ग्रपने पतले या चौड़े सिरे पर खड़ा नाचता रहेगा; वह गिरेगा नहीं। चित्र में दिखाया गया है कि ग्रंडे को घूर्णन गित उंगलियों के सहारे दिया जाता है। हाथ हटा लेने के बाद ग्राप देखेंगे कि ग्रंडा कुछ समय तक नाचता रहता है। हल यही है।

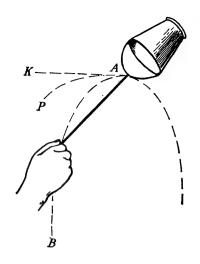
प्रयोग के लिये उबला ग्रंडा ही लेना चाहिये। यह रोक कोलंबो के प्रश्न की शत्तों का विरोध नहीं करती। कोलंबो ने ग्रपना प्रश्न सुना कर वहीं खाने की मेज से एक ग्रंडा उठाया ग्रौर उसे खड़ा कर दिया। खाने की मेज पर कच्चा ग्रंडा शायद ही रखा गया होगा। कच्चे ग्रंडे को ग्राप धूर्णन-गित नहीं दे सकते: ग्रंदरूनी द्रव घूर्णन-गित में ग्रवरोध डालेगा। इससे कच्चे व उबले ग्रंडे की पहचान का एक ग्रासान तरीका ज्ञात होता है, जिसे ग्रानेक गृहस्थिनें जानती हैं।

# "नष्ट" गुरुत्व

ग्ररस्तू ने दो हजार वर्ष पूर्व लिखा था कि "वलनरत (वृत्ताकार पथ पर गितमान) बरतन में से पानी नहीं गिरता,—तब भी, जब बरतन उलट जाता है, क्योंकि वलन इसमें बाधक होता है।" यह प्रभावशाली प्रयोग, जिसे निस्संदेह बहुत से लोग जानते होंगे, चित्र 32 में दिखाया गया है: पानी से भरी बाल्टी को चित्र की भाँति तेजी से घुमाने पर उसमें से पानी नहीं गिरता; पथ के उस भाग में भी नहीं, जब बाल्टी ग्रौंधी हो जाती है।

बोल-चाल में इस संवृंति को "केंद्रापसारी बल" द्वारा समझाया जाता है। यह एक काल्पिनिक बल है स्रोर माना जाता है कि यह पिंड पर कियाशील हो कर उसे वलन-केंद्र से दूर भागने को प्रवृत्त करता है। पर ऐसा कोई बल है नहीं। केंद्र से दूर भागने की प्रवृत्ति स्रोर कुछ नहीं, जड़त्व की ग्रिभिच्यक्ति है ग्रौर जड़त्व से प्रेरित गित के पीछे कोई बल नहीं होता। भौतिकी में केंद्रापसारी बल उस यथार्थ बल को कहते हैं, जिससे वलनरत पिंड उसे बांधने वाली रस्सी को खींचता है या जिससे वह ग्रुपने वक पथ को दबाता है। यह बल गितमान पिंड पर नहीं, बिल्ल उस बाधा पर कियाशील होता है, जो उसे सरलरेखीय पथ पर चलने से रोकती है। इस तरह की बाधा का काम धागा, वक-पथ पर रेल की पटरी भादि कर सकते हैं।

श्राइये, वलनरत बाल्टी के भध्ययन से इस संवत्ति का कारण



चित्र 32. चक्कर खाती बाल्टी से पानी क्यों नहीं गिरता?

समझने की कोशिश की जाये, ताकि "केंद्रापसारी बल" जैसे द्वयर्थी शब्द का इंग्तेमाल न करना पड़े। पहले इस प्रश्न पर गौर करें: यदि बाल्टी की दीवार में एक छेद बना दिया जाये, तो पानी की धार किस दिशा में बहेगी? गुम्त्व-बल की अनुपस्थिति में धार जड़त्ववश वृत्त AB की स्पर्शरेखा AK की दिशा में बहती (चित्र 32)। पर गुरूत्व पानी की धार को अगण: नीचे उतरने को बाध्य करता है, अर्थात धार का पथ वक्र हो जाता है (परवलय AP)। यदि वलन का वेग पर्याप्त अधिक होगा, तो वक्र AP वृत्त AB के बाहर रहेगा। यदि पानी बाल्टी की पकड़ (अर्थात् । गकी दीवारों के दबाव) से मुक्त होता, तो वह उसी पथ AP पर प्रातमान होता। इससे स्पष्ट हो जाता है कि बाल्टी के वलन से पानी । नीचे गिरने की कोई प्रवृत्ति नहीं रह जाती और इसीलिये वह नीचे गही। गिरता। पानी गिरे, इसके लिये आवश्यक है कि बाल्टी का मुँह नगन की दिशा में हो।

भव कलन करें कि इस प्रयोग में बाल्टी को किस वेग से घुमाना पारिय कि उसमें से पानी नीचे नहीं गिरे। यह वेग ऐसा होना चाहिये कि वलनरत बाल्टी का केंद्रोन्मुखी त्वरण गुरूत्व बल के त्वरण से कम हो: इस स्थिति में पानी का संभव पथ बाल्टी द्वारा निरूपित वृत्त के बाहर रहेगा ग्रौर पानी बाल्टी से कहीं भी पीछे नहीं छूटेगा। केंद्रोन्मुखी त्वरण W ज्ञात करने के लिये सूत्र है:

$$W = v^2/R$$

जहाँ v-वलन-वेग स्रौर R-वृत्ताकार पथ की त्निज्या है। पृथ्वी-तल पर गुरूत्व का त्वरण  $g=9.8~\mathrm{m/s^2}$  है, स्रतः हमें स्रसमिका  $v^2/R \geqslant 9.8$  प्राप्त होती है। यदि  $R=70~\mathrm{cm}$  लिया जाये, तो

$$\frac{v^2}{0.7} \geqslant 9.8$$
 तथा  $v \geqslant \sqrt{0.7 \cdot 9.8}$ ;  $v \geqslant 2.6$  m/s

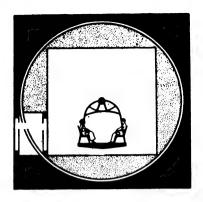
सरलता से ज्ञात कर सकते हैं कि ऐसा वलनवेग प्राप्त करने के लिये आपके हाथ को प्रति सेकेंड करीब डेढ़ चक्कर लगाना पड़ेगा। इतना तेज वलन आसानी से प्राप्त किया जा सकता है और प्रयोग करने में कोई किठनाई नहीं होती।

जब द्रव बरतन में अपने कैंतिज अक्ष के गिर्द घूर्णन करता है, तो वह बरतन की दीवार को दबाता हुआ उसके निकट होने की प्रवृत्ति रखता है। द्रव का यह गुण तकनीकी में तथाकथित "केंद्रापसारी ढलैया" के लिये प्रयुक्त होता है। यदि द्रव एकरूप नहीं होता, तो विशिष्ट भारों के अनुसार उसके अवयवों की परतें बन जाती हैं: अधिक भारी अवयव अक्ष से अधिक दूर होते हैं और हल्के अवयव अक्ष के निकट परतें बनाते हैं। फलस्वरूप पिघली धातु में उपस्थित गैसें, जिनके बुलबुले ढलैया में "गुफायें" बना देते हैं, धातु से अलग हो कर ढलैया के अदरूनी खोखले भाग में इकितत हो जाती हैं। ऐसी ढलैया से बनी वस्तुएं "गुफाओं" से मुक्त होती हैं। केंद्रापसारी ढलैया साधारण दबावी (प्रेस) ढलैया से सस्ता पड़ता है और इसका उपकरण अधिक जटिल नहीं होता।

#### ग्राप ग्रीर गेलीली

जो सनसनीखेज ग्रनुभूतियों के प्रेमी हैं, उनका मनोरंजन तथाकथित "शैतानी झूले" से किया जा सकता है। ऐसा एक झूला लेनिनग्राद में भी था। चूँिक मूझे उस पर झूलने का सुग्रवसर नहीं मिला, मैं उसका वर्णन फेडो की पुस्तक से उद्धृत कर रहा हूँ, जिसमें प्रनेक वैज्ञानिक मनोरंजन संकलित हैं:

"झूला एक विशेष ऊँचाई पर कमरे के ग्रार-पार लगे कैंतिज छड़ से लटका होता है। जब सभी ग्रपने स्थान पर बैठ जाते हैं, झुलाने वाला व्यक्ति कक्ष का दरवाजा बंद कर देता है ग्रीर झुले पर चढ़ने के लिये रखें



चित्र 33. **"शैतान का झूला": ग्रारेख** 

तख्त को हटा लेता है। वह एक छोटी सी हवाई याता की घोषणा करता है भ्रोर झूला झुलाना शुरू कर देता है। झुलाते-झुलाते वह उछल कर झूले पर टमटम वाले की तरह नीचे बैठ जाता है या थोड़ा झुला कर कक्ष से बाहर निकल जाता है।

झूले का झूलना क्रमशः तेज होने लगता है, पेंगे लंबी होने लगती हैं, झूला छड़ की ऊँचाई तक पहुँचने लगता है, धीरे-धीरे छड़ को पार करने लगता है ग्रीर ग्रंततोगत्वा गोल चक्कर काटने लगता है। गति क्षिप्र होती जाती है। यद्यपि लोग पहले से सावधान कर दिये जाते हैं; तेज गति और झूलन की अनुभूति से उनका सर चकराने लगता है, उन्हें लगता है कि वे सिर के बल नीचे किसी गहरी खाई में गिरते जा रहे हैं ग्रीर इसीलिये डर के मारे कुसियों के हत्थे पकड़ लेते हैं।

झूलना धीरे-धीरे कम होने लगता है, श्रव वह छड़ से श्रधिक ऊँचा नहीं उठता... कुछ क्षण श्रौर बीतते हैं श्रौर वह पूरी तरह रूक जाता है।

पर वास्तविकता में झूला पूरे काल तक स्थिर था। झूल रहा था कमरा। जटिल यंत्रों की सहायता से कमरा भ्रपने क्षैतिज श्रक्ष के गिर्द धुमाया जाता है। कमरे में सभी टेबुल, कुर्सी श्रादि फर्श से जड़े रहते हैं। टेबुल पर रखा लैंप भी टेबुल के साथ जड़ा रहता है। झुलाने वाला व्यक्ति सचमुच में नहीं झुलाता, वह कमरे की गित के लय में झुलाने

की नकल करता है। सारी स्थिति ऐसी होती है कि धोखा पूर्णतया सफल रहता है।"

भ्रम का रहस्य इतना सरल है कि स्रापको हँसी स्राती होगी, पर इसका ज्ञान हो जाने पर भी यदि स्रापको झूले पर बैठा दिया जाये, तो स्राप धोखे में स्राने से बचेंगे नहीं। इतना शक्तिशाली है यह भ्रम!

म्रापको पुश्किन की कविता "गति" याद है?

गित नहीं है, — यित 1 बोला; दूसरा 2 लगा टहलने चुपचाप। बढ़ कर इससे क्या तर्क देते ग्राप श्रीर यश पाया उसने पीट ढिंढोला। पर, श्रीमान्, यह किस्सा मजेदार याद दिलाता एक ग्रीर तकरार: हर दिन सूरज घूमता नभ के ग्रार-पार, पर सच कहता गैलीली जिदीदार।

झूले में इस रहस्य से भ्रनिभज्ञ लोगों के बीच श्राप की स्थिति गैलीली की तरह होगी। गैलीली सिद्ध कर रहा था कि सूरज ग्रौर तारे भ्रचल हैं, ग्रौर हम (पृथ्वी के साथ) घूमते हैं। ग्राप सिद्ध करेंगे कि कमरा ग्रापके गिर्द घूम रहा है ग्रौर ग्राप (झूले के साथ) ग्रचल हैं। संभवतः ग्राप को गैलीली की तरह ही इसके दुखद परिणाम भी भोगने पड़ेंगे: ग्राप ऐसे ग्रादमी समझे जाने लगेंगे, जो बिल्कुल साफ दिखने वाली बात का विरोध करता है...।

#### मेरी श्रापकी बहस

स्रापके लिये स्रपने कथन की सत्यता सिद्ध करना इतना सरल नहीं होगा, जितना स्राप सोचते हैं। कल्पना करें कि स्राप सचमुच शैतानी झूले

 $<sup>^1</sup>$  प्राचीन यूनानी दार्शनिक क्सेनोन एलियन (ई.पू. V-शती), जिसके ग्रनुसार विश्व में सब कुछ ग्रचल है ग्रौर गीत की प्रतीति का कारण भ्रम है

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> डायोगेन

में बैठे हैं और अपने पड़ोसियों को समझाने की कोशिश कर रहे हैं कि वे गलत हैं। अपने तर्क आप मुझे पेश कर सकते हैं। आइये, हम दोनों इस झूलें में बैठते हैं। झूला चक्कर खाने लगता है और हम विवाद शुरू करते हैं कि क्या घूम रहा है – कमरा या झूला। आपको सिद्ध करना है कि कमरा घूम रहा है। सिर्फ एक बात को ध्यान में रखें: बहस के दरम्यान आप को झूले से उतरना नहीं होगा। आवश्यक वस्तुएं आप अपने साथ पहले से रख लें।

श्चाप — इसमें शक की कोई बात ही नहीं है कि हम स्थिर हैं श्रौर कमरा घूम रहा है। यदि हमारा झूला इस तरह चक्कर लगाता, तो ऊपर जा कर यह उल्टा हो जाता श्रौर हम जमीन पर गिर जाते; सर नीचे श्रौर पैर ऊपर किये हुए हम लटके नहीं रहते। चूँकि हम गिरते नहीं हैं, इसलिये झूला स्थिर है श्रौर कमरा चक्कर खा रहा है।

मैं — ग्राप पानी भरे बाल्टी को घुमाने का प्रयोग याद करें: इसमें बाल्टी के उलटने पर भी पानी नहीं गिरता (पृ.65)। "शैतानी फंदे" को देखें; साइकिल सवार इसमें बिल्कुल उल्टा होकर साइकिल चलाता है, पर गिरता नहीं है (दे. ग्रागे पृ.77)

श्चाप – यदि ऐसा है, तो ग्राइये, ग्रिभिकेंद्री त्वरण ज्ञात करते हैं। देखें कि वह हमें गिरने से रोकने के लिये पर्याप्त है या नहीं। घूर्णन ग्रक्ष से हमारी दूरी ग्रीर प्रति सेकेंड की घूर्णन संख्या मालूम करना सहज है ग्रीर ग्रिभिकेंद्री त्वरण ज्ञात करने का सूत्र है...

मैं – तकलीफ मत कीजिये। झूला बनाने वाले मुझे बता चुके हैं कि घूर्णन-संख्या मेरे पक्ष में निर्णय देगा। स्रतः स्रापके कलन से बहस का स्रंत होने वाला नहीं है।

श्राप — लेकिन मैंने उम्मीद नहीं छोड़ी है। देखिये, गिलास से पानी नहीं गिर रहा है...। श्ररे नहीं, यह तर्क नहीं चलेगा; श्राप फिर बाल्टी घुमाने वाला प्रयोग सुनाने लगेंगे। दूसरा तर्क सुनें: मेरे हाथ में शाहुल है वह नीचे की श्रोर हमारे पैरों के पास लटक रहा है। यदि कमरा श्रचल होता श्रौर हम घूमते होते, तो शाहुल कभी हमारे सर के पास श्रा जाता, तो कभी बगल की श्रोर खिंचने लगता।

मैं - ग्राप गलत हैं। यदि हमारी गति पर्याप्त है, तो शाहूल हर वक्त

घूर्णन की त्रिज्या की दिशा में भागने की कोशिश करेगा, ग्रर्थात् वह हमारे पैरों के पास लटकता रहेगा, जैसा कि हम देख रहे हैं।

#### बहस का भ्रंत

यदि ग्राप बहस में जीतना ही चाहते हैं, तो मेरी सलाह सुनिये। झूले पर ग्रपने साथ एक कमानीदार तुला रख लीजिये। जब झूला झूलने की बजाय चक्कर खाने की ग्रनुभूति होने लगे, उससे कोई वजन (जैसे 1 kg का) लटका दीजिये ग्रौर उसकी सूई की गति को देखिये। यदि झूला स्थिर लटक रहा है, तो सूई हमेशा एक ही वजन – 1 kg – दिखायेगी।

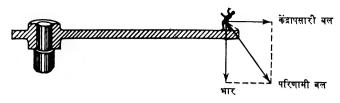
यदि हम तुला के साथ-साथ ग्रक्ष के गिर्द घूमते होते, तो वजन पर गुरूत्व बल की िकया के ग्रितिरिक्त केंद्रापसारी प्रभाव भी देखने को मिलता। इस प्रभाव के कारण पथ के निचले बिंदुग्रों पर वजन  $1 \, \mathrm{kg}$  से ग्रिष्क नजर ग्राता ग्रीर ऊपरी बिंदुग्रों पर  $1 \, \mathrm{kg}$  से कम। हमारे ग्रवलोकन में तुला से लटकायी गयी वस्तु का भार कभी ग्रिष्ठक होता, तो कभी कम। यदि ऐसा नहीं है, तो कमरा चक्कर लगा रहा है; हम नहीं।

#### "तिलस्मी" गोले में

अमेरीका के एक उद्योगपित ने कमाने के लिये एक मजेदार घुरनी (चक्रदोला) बनवायी। उसका आकार गोलाकार कमरे की तरह था, जो अपनी धुरी पर घूम सकता था। भीतर बैंटे लोगों को ऐसी अनुभूतियां होती थीं, जैसी सिर्फ सपने या परिकथाओं में होती हैं।

पहले यह देखें कि गोल घूर्णनरत चबूतरे पर ग्रादमी क्या ग्रनुभव करना है।

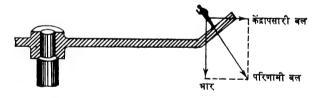
चक्रगति स्रादमी को दूर फेंकने की कोशिश करती है। केंद्र से स्राप जितना ही दूर होंगे, स्रापको फेंकने की कोशिश करने वाला बल उतना ही स्रधिक होगा। स्रांखें बंद करने पर स्रापको लगेगा कि स्राप क्षेतिज चबूतरे पर नहीं, किसी ढालू तल पर खड़े हैं, जहां संतुलन कायम रखना बहुत कठिन है। यह समझने के लिये हमें शरीर पर कियाशील सभी बलों का स्रध्ययन करना होगा (चित्र 34)। घूर्णन गित हमारे शरीर को



चित्र 34. घूर्णनरत चब्तरे पर ग्रादमी क्या ग्रनुभव करता है।

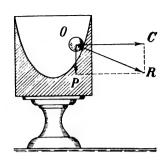
चब्तरे से बाहर फेंकने की कोशिश करती है ग्रौर भार हमें नीचे की ग्रोर खींचता है। बाहर की ग्रोर फेंकने ग्रौर नीचे की ग्रोर खिंचने की गतियां समांतर चतुर्भुज के नियम से जुड़ती हैं। इस तरह से प्राप्त परिणामी गति की दिशा नीचे की ग्रोर मुकी होती है। घूर्णन गति जितनी ही ग्रधिक होगी, उदग्र रेखा के साथ परिणामी बल का कोण ग्रौर बड़ा होता जायेगा।

ग्रब कल्पना करें कि चबूतरे की किनारी थाली जैसी मुड़ी हुई है ग्रीर ग्राप इसी ढालू भाग पर खड़े हैं (चित्र 35)। यदि चबूतरा ग्रचल है, तो ग्राप ससरते हुए नीचे ग्रा जायेंगे या हो सकता है कि गिर जायेंगे। पर यदि चबूतरा घूर्णनरत है, तो दूसरी बात है। घूर्णन के एक विशेष वेग पर ढालू तल ग्रापके लिये क्षैतिज सा हो जायेगा, क्योंकि ग्रापको खींचने वाली दोनों गितयों से प्राप्त परिणामी गित की दिशा बाहर की ग्रीर ढलांन के लंब होगी।



निव 35. म्रादमी घूर्णनरत चबूतरे की ढालूँ किनारी पर स्थिर खड़ा है।

¹ इन्ही तथ्यों से कुछ अन्य बातें भी समझी जा सकती हैं। रेल-पथ के मोड़ पर बाहरी पटरी भीतरी से कुछ ऊँची होती है। साइकिल व गोटरसाइकिल रेस के पथ मोड़ों पर वऋता -केंद्र की ग्रोर झुके होते हैं। पेशेवर मोटरसाइक्लिस्ट खड़ी ढलान वाले पथों पर भी बिना किसी डर के मोटरसाइक्लि चला सकते हैं।



चित्र 36. यदि गिलास को पर्याप्त वेग से घूर्णित रखा जाये तो गोली पेंदी की ग्रोर नहीं लुढ़केगी।

यदि विशेष वेग से घूर्णनरत चबूतरे के तल को ऐसी वक्रता प्रदान की जाये कि उसके हर बिंदु पर प्राप्त परिणामी गित की दिशा उसके अभिलंब हो, तो उसके किसी भी बिंदु पर ग्राप्त नहीं महसूस करेंगे कि ग्राप ढलान पर खड़े हैं; ग्रापको लगेगा कि ग्राप क्षैतिज तल पर खड़े हैं। गणितीय कलनों से ज्ञात है कि इस तरह के वक्रतल का एक विशेष ज्यामितीय रूप होता है — परवलयी। यदि गिलास को पानी से ग्राधा भर कर उदग्र ग्रक्ष के गिर्द नचाया जाये, तो पानी का क्षैतिज

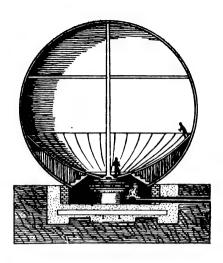
तल परवलयी तल में परिणत हो जायेगा: किनारी पर पानी ऊपर उठ आयेगा और बीच में गहरा गड्ढा सा बन जायेगा।

यदि हम पानी की जगह पिघला हुन्ना मोम लें त्रीर गिलास को मोम के जम जाने तक घूर्णित रखें, तो हमें परवलयी तल प्राप्त हो जायेगा। वेग-विशेष पर ऐसा तल भारी पिंडों के लिये क्षैतिज तल का काम करता है। उदाहरणार्थ, उसके किसी बिंदु पर रखी गयी गोली नीचे नहीं लुघड़ेगी, उसी ऊंचाई पर स्थित रहेगी (चित्र 36)।

श्रब श्राप "तिलस्मी" गोले की बनावट समझ सकते हैं।

यह परवलयी तल वाला एक बहुत बड़ा चबूतरा होता है (चिन्न 37)। इसकी घूर्णन-गित शांत व बिना किसी झटके की होती है, फिर भी उस पर खड़े लोगों के सर में चक्कर ग्राना शुरू हो जाता है। इससे बचने के लिये चबूतरे को एक ग्रल्पपारदर्शी काँच के गोले में बंद रखते हैं। गोला चबूतरे के साथ घूर्णन करता रहता है। चबूतरे पर घूमते व्यक्ति को जब परिवेशी वस्तुएं उसी की गित से घूमती दिखती हैं, तो वह ग्रपनी गित का ग्रवलोकन नहीं कर पाता; उसे सब कुछ ग्रचल सा प्रतीत होता है ग्रौर उसका सर नहीं घूमता।

तिलस्मी गोला नामक इस मोहक घुरनी की बनावट यही है। इसके भीतर चबूतरे पर खड़े हो कर श्राप क्या श्रनुभव करते हैं? श्राप चाहे

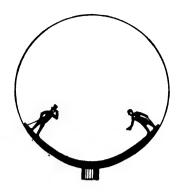


चित्र 37. "तिलस्मी" गोला (ग्रनुच्छेद)।

प्रक्ष के समीप खड़े हों या उससे दूर, जहां  $45^{\circ}$  की ढलान है, हर बिंदु पर ग्रापको लगेगा कि ग्राप क्षैतिज समतल पर खड़े हैं। ग्रांखें साफ-साफ दिखाती हैं कि चबूतरे का तल वक्र है, पर पेशियों की संवेदना बताती है कि पैरों तले जमीन समतल है।

दोनों संवेदनाग्रों का यह परस्पर विरोध ही उन विचित्न ग्रनुभूतियों का कारण है, जिसे ग्राप गोले में प्राप्त करते हैं। उदाहरणार्थ, यदि ग्राप निवृत्तरे के एक छोर से दूसरे पर पहुँचेंगे, तो ग्राप को लगेगा कि गोला भापके भार से इस ग्रोर झुक गया है ग्रौर वह भाग, जहां ग्राप पहले खड़े थे, ऊपर उठ ग्राया है। कारण स्पष्ट है: ग्रापको हर जगह लगता है कि ग्राप समतल पर खड़े हैं। चबूतरे की ढलान पर खड़े लोगों की ग्रियां ग्रौर भी विचित्न लगेगी। वे छत पर रेंगती मिक्खयों की तरह

चबूतरे पर गिरा हुम्रा पानी उसके पूरे वक्र तल पर फैल कर समान गुटाई की परत बना लेगा। लोगों को प्रतीत होगा कि उनके सामने पानी की ढालू दीवार खड़ी है।



चित्र 38. "तिलस्मी" गोले में लोगों की वास्तविक स्थिति।



चित्र 39. हरेक सोचता है कि जमीन पर सिर्फ वही खड़ा है।

स्राप देखते हैं कि गुरूत्व नियम की स्राम धारणायें यहां नष्ट हो जाती हैं स्रौर हम परिकथास्रों की जादुई दुनिया में पहुँच जाते हैं...।

विमान-चालकों को हवाई जहाज घुमाते वक्त ऐसी ही अनुभूति होती है। मान लें कि वह 200 km प्रति घंटे की चाल से उड़ रहा है। पथ



चित्र 40. <mark>घूर्णनरत प्रयोगशाला –</mark> वास्तविक स्थिति।



चित्र 41. उसी प्रयोगशाला की प्रतीयमान स्थिति।

की वक्रता-त्रिज्या  $500 \, \mathrm{m}$  है। चालक को जमीन थोड़ी उभरी हुई  $16^\circ$  की ढलान बनाती नजर ग्रायेगी।

जर्मनी के हेटिंग्टन शहर में ऐसी ही एक घूर्णनरत प्रयोगशाला बनायी गयी थी, जिसका आकार बेलनाकार कमरे जैसा था (चित्र 40)। इसका व्यास 3m था और प्रति सेकेंड 50 चक्करों की चाल से नाचता था। चूँकि फर्श समतल था, ग्रंदर खड़े प्रेक्षक को लगता था कि कमरा पीछे की ग्रोर झुक गया है और वह पीठ के सहारे दीवार पर ग्रधलेटी स्थिति में पड़ा हुआ है (चित्र 41)।

### द्रव निर्मित दूरदर्शी

परावर्तक दूरदर्शी के दर्पण का इष्टतम रूप परवलयी ही है। यह वही परवलयी तल है, जो घूर्णनरत बरतन में रखे द्रव की सतह का रूप होता है। दर्पण को ऐसा रूप देने के लिये दूरदर्शी बनाने वालों को काफी कड़ी मिहनत करनी पड़ती है। दूरदर्शी का दर्पण बनाने में वर्षों का समय व्यतीत होता है। पर अमेरिकन भौतिकविद वुड ने इन परेशानियों से बचने के लिये द्रव से एक वर्षण बना लिया। उन्होंने एक चौड़े बरतन में पारे को घूर्णित कर एक आदर्श परवलयी तल प्राप्त किया, जो दर्पण का काम कर सकता था, क्योंकि पारा प्रकाश का अच्छा परावर्तक है। वुड का दूरदर्शी एक कम गहरे कुएं में रखा गया था। गतिदायक पट्टी पारे के बरतन के साथ-साथ उसमें प्रतिबंबित प्रो. वुड की शक्ल भी घुमाती रहती थी।

इस दर्पण की कमी यह है कि हल्की सी ठोकर भी सतह पर हिलकोरें ला देती है, जिससे प्रतिबिंब विकृत हो उठता है। इसके ग्रतिरिक्त, दर्पण सिर्फ क्षैतिज स्थिति में रखा जा सकता है, ग्रतः इसके सहारे ग्राप सिर्फ उन्हीं नक्षत्नों का ग्रवलोकन कर सकते हैं, जो नभ में ठीक दर्पण के ऊपर (खमध्य में) हैं।

ग्राक्ष्चर्य नहीं कि बनावट में इतना सरल होले के बावजूद भी प्रो . वुड के पारद दूरदर्शी का कोई व्यावहारिक उपयोग नहीं हो पाया। इसे गंभीरता से कोई ले भी नहीं रहा था – न ही ग्राविष्कारक ग्रौर न ही तत्कालीन भौतिकविद।

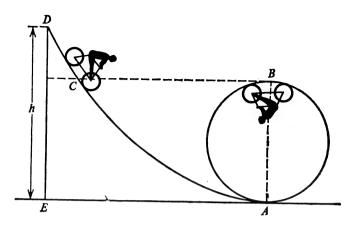
उदाहरणार्थ, ए. जी. वेब्स्टर ने, जो ग्रमेरिका के एक विश्वविद्या-लय में भौतिकी विभाग के ग्रष्टयक्ष थे, इस मौलिक उपकरण को देखने केबाद निम्न पंक्तियां लिख कर छोड गये: डिंग, डौंग – घंटा बोला, कुएं में प्रो. डोला क्या रखा उसमें ग्रास से? कठौता भरा बकवास से। ग्रौर क्या लाये साथ? कुछ नहीं, ग्राये खाली हाथ।

### "शैतान का फंबा"

ग्रापने सरकस में साइकिल का एक कौशल देखा होगा। ग्रादमी नीचे से ऊपर की ग्रोर साइकिल चलाता हुग्रा गोल पथ तय करता है। इस पथ के ऊपरी भाग पर उसे पैर ऊपर व सर नीचे किये हुए चलना पड़ता है। इसके लिये लीला स्थल पर लकड़ी का एक पथ रखा जाता है, जिसका रूप फंदे जैसा होता है (चित्र 42)। उसमें एक से ग्रधिक फंदे भी हो सकते हैं। कलाकार साइकिल चलाता हुग्रा पथ के ढालू भाग से उतरता है ग्रौर फिर तेजी से ऊपर चढ़ता हुग्रा गोल चक्कर लगाता है। इस किया में उसके पैर ऊपर हो जाते हैं ग्रौर सर नीचे, लेकिन वह गिरता नहीं है; सकुशल वापस लौट ग्राता है। 1

साइकिल का यह सर चकरा देने वाला कौशल दर्शकों को कलाबाजी का शिखर प्रतीत होता है। लोग सोचते हैं कि कोई रहस्यमय ग्रलौकिक शिक्त ही साइकिल सवार को गिरने से रोकती है। उन्हें यह भी शक होता है कि इसमें कोई धोखा है। पर इस ट्रिक के पीछे कोई दिव्य चमत्कार नहीं है। इसे यांत्रिकी के नियमों से समझाया जा सकता है। इस पथ पर यदि भारी गेंद भी तेजी से लुढ़का दिया जाये, तो वह भी नहीं गिरेगा। स्कूलों में भौतिकी की प्रयोगशालाग्रों में भी ऐसे फंदों का नन्हा प्रतिमान देखा जा सकता है।

<sup>1 &</sup>quot;शैतान के फंदे" का म्राविष्कार सरकस के दो कलाकारों ने एक ही साथ 1902 ई. में किया था। एक का नाम था "दियाबोलो" (जोन्सन) म्रौर दूसरे का "मेफिस्तो" (नुवाजेत)। दियाबोलो म्रौर मेफिस्तो शैतान के नाम हैं।



चित्र 42. "शैतान का फंदा"। कलन के लिये ग्रारेख।

इस कलाबाजी के विख्यात भ्राविष्कारक एवं प्रदर्शक कलाकार "मेफिस्तो" फंदे की मजबूती जाँचने के लिये एक गोला रखते थे, जिसका भार सवार समेत साइकिल के भार के बारबर था। गोले को फंदे के पथ पर तेजी से लुढ़काया जाता था। यदि गोला पूरा पथ सकुशल तय कर लेता था, तब कलाकार भ्रपनी कला दिखाने को तैयार होते थे।

पाठक बेशक समझ गये होंगे कि इस विचित्न संवृत्ति का कारण वही है, जो घूमती बाल्टी से पानी को गिरने से रोकता है (पृ. 65)। पर ट्रिक हमेशा सफल नहीं होता। जिस स्थान से साइकिल सवार अपनी गति आरंभ करता है, उसकी ऊँचाई का सही-सही कलन कर लेना चाहिये, अन्यथा दुर्घटना हो जायेगी।

### सरकस का गणित

मैं जानता हूँ कि भौतिकी के कुछ प्रेमी ऐसे भी हैं, जो नीरस सूत्रों को देख कर डर जाते हैं। पर घटनाग्रों के गणितीय पक्ष को जानने से इन्कार करने पर हम उनके बारे में न कोई भविष्यवाणी कर सकते हैं, न उन परिस्थितियों को ही निर्धारित कर सकते है, जो दी हुई घटनाम्रों के लिये म्रावश्यक हैं। उदाहरणार्थ, "शैतानी फंदे" जैसी कलाबाजी दिखाने के लिये म्रावश्यक बातें दो-तीन सूत्रों की सहायता से ज्ञात हो जा सकती हैं। म्राइये. कलन करते हैं।

ग्रारंभ करते हैं वर्णों द्वारा कलन के लिये ग्रावश्यक राशियों के द्योतन से : वर्ण h द्वारा द्योतित करते हैं ऊँचाई, जिससे कलाकार साइकिल लुढ़काना ग्रारंभ करता है;

वर्ण x द्वारा ऊँचाई h के उस भाग को द्योतित करते हैं, जो "फंदे" के उच्चतम बिंदु से ऊपर है; चित्र 42 से स्पष्ट है कि x=h-AB; वर्ण r द्वारा फंदे की त्रिज्या द्योतित करते हैं;

4णं m द्वारा — सवार व साइकिल का सम्मिलित द्रव्यमान ; उनका सिम्मिलित भार होगा mg, जहाँ :

वर्ण g द्वारा पृथ्वी के गुरूत्व-बल से प्राप्त त्वरण को द्योतित किया गया है; ज्ञात है कि  $g=9.8~\mathrm{m}$  प्रति सेकेंड प्रति सेकेंड;

वर्ण  $\upsilon$  उस क्षण पर साइकिल का वेग द्योतित करता है, जब वह वृत्त के उच्चतम बिंदु पर पहुँचता है।

इन सभी राशियों को दो समीकरणों की सहायता से संबद्ध किया जा सकता है। यांत्रिकी से ज्ञात है कि ढालू पथ के बिंदु C पर (जो बिंदु B जितना ही ऊँचा है) साइकिल का वेग उतना ही होगा, जितना उसका वेग फंदे के ऊपरी भाग के बिंदु B पर होगा (चित्र 41 में नीचे बायें,)। C पर साइकिल के लुढ़कने का वेग होगा  $^1$ 

$$v = \sqrt{2gx}$$
, at  $v^2 = 2gx$ 

म्रतः बिंदु B पर साइकिल का वेग  $v=\sqrt{2gx}$ , म्रर्थात्  $v^2=2gx$ ।

ग्रब ग्रागे चलें: साइकिल चालक वृत्ताकार पथ के ऊपरी भाग में पहुँच कर नीचे न गिर जाये, इसके लिये ग्रावश्यक है कि केंद्रोन्मुखी त्वरण

 $<sup>^1</sup>$ यहाँ हम चक्कों के घूर्णन की ऊर्जा को ध्यान में नहीं रखते, क्योंकि कलन के परिणाम पर उसका प्रभाव नगण्य होता है (दे. मेरी पुस्तक "ग्राप को भौतिकी का ज्ञान है?" § 47)।

ब्रिधिक हो गुरूत्व के त्वरण से (दे. पृ65-66), म्रर्थात् $rac{v^2}{r}\!>\! g$  या  $v^2\!>\! gr$ 

पर हम निर्धारित कर चुके हैं कि  $v^2=2\,gx$ ; म्रतः  $2\,gx>gr \ {\rm ar} \ x>\frac{r}{2} \ .$ 

ग्रंतिम ग्रसमिका बताती है कि सफलतापूर्वक खेल दिखाने के लिये ढालू पथ की चोटी फंदे के शिखर से ऊँची होनी चाहिये। कितनी? फंदे की  $\frac{1}{2}$  तिज्या से ग्रधिक। पथ की ढलान का कोई महत्त्व नहीं होता। मुख्य बात यह है कि जिस बिंदु से साइकल चलती है, उसे फंदे से उसके  $\frac{1}{4}$  व्यास ऊपर होना चाहिये। उदाहरणार्थ, यदि फंदे का व्यास 16 m है, तो कलाकार को साइकिल लुख़काने का काम 20 m से ग्रधिक की ऊँचाई से शुरू करनी चाहिये; कम से नहीं, ग्रन्यथा उसका गिरना ग्रवश्यंभावी हो जायेगा। यह दिक की ग्रावश्यक शर्ता है।

हमारा कलन साइकिल में उपस्थित घर्षण बल को ध्यान में नहीं रखता: हम यह मान कर चलते हैं कि बिंदु B व बिंदु C पर साइकिल का वेग समान रहता है। ग्रदाः फंदे तक पहुँचने लिये पथ के ढालूपन को कम नहीं करना चाहिये; इससे पथ की लंबाई बढ़ जायेगी। ग्रीर इसके फलस्वरूप साइकिल का वेग बिंदु B पर बिंदु C की तुलना में कम हो जायेगा।

ग्राप इस पर भी घ्यान दें कि इस कला के प्रदर्शन में साइकिल का चेन निकाल लिया जाता है। पैंडल मारने की जरूरत नहीं पड़ती; साइकिल सिर्फ गुरूरत के प्रभाव से गितमान रहती है। चेन के बिना कलाकार न तो साइकिल की चाल तेज कर सकता है, न धीमी। ग्रौर उसे यह करना भी नहीं चाहिये। उसकी कला इसी में है कि वह काष्ठ-पथ की लीक पर साइकिल स्थिर रख सके। थोड़ा भी इधर-उधर होने पर पथ से विचलित होने ग्रौर गिर जाने का खतरा होता है। वृत्ताकार पथ पर वेग काफी ग्रिधक होता है: व्यास 16 m होने पर साइकिल 3 सेकेंड में एक चक्कर पूरा करती है। यह प्रति घंटे 60 m के तुल्य है। इस वेग से चलने पर साइकिल को नियंत्रण में रखना मुश्किल होता है; पर इसकी

स्रावश्यकता भी नहीं है। यांत्रिकी के नियम काफी हैं। "साइकिलबाजी का यह कौशल, – एक पेशेवर कलाकार लिखते हैं, – खतरनाक नहीं है, यदि सारे कलन सही हैं। खतरा खुद कलाकार में होता है। यदि कलाकार का हाथ काँप जाये, वह स्रात्मिनयंत्रण खो बैठे या स्रचानक उसका सर चकराने लगे, तो दुर्घटना की संभाव्यता तेजी से बढ़ जाती है।"

विमान-संचालन में "मृत-फंदा" ग्रादि जैसी कलाबाजियां इन्हीं नियमों पर ग्राधारित हैं। "मृत-फंदे" में विमान को वक्र पथ पर सही वेग देने ग्रौर उसे पूरी तरह नियंत्रण में रखने की समस्या मुख्य भूमिका ग्रदा करती है।

#### डंडीमा री

किसी ने मजाक में कहा कि वह डंडी मारने की एक गुप्त विधि जानता है। उसने बताया कि माल विषुवत रेखा के पास खरीदना चाहिये, ग्रौर बेचना चाहिये ध्रुववर्ती देशों में। सभी जानते होंगे कि विषुवत रेखा के समीप वस्तुग्रों का भार कुछ कम होता है ग्रौर ध्रुव के पास कुछ ग्रधिक। विषुवत रेखा के पास यदि किसी वस्तु का भार 1 kg है, तो ध्रुव पर उसके भार में 5 g की वृद्धि हो जायेगी। लेकिन यहां साधारण तुला से काम नहीं चलेगा: वस्तु के भार के साथ-साथ बाटों का भार भी बढ़ जायेगा। इस काम के लिये कमानीदार तुला चाहिये, ग्रौर वह भी ऐसी, जिसमें भारों का निशान विषुवत रेखा के पास लगाया गया हो। ग्रन्यथा ग्रापको कोई लाभ नहीं होगा। वैसे भी, डंडीमारी की यह विधि इतनी लाभदायक नहीं है। यदि पेरू के पास एक टन सोना खरीदा जाये, ग्रौर उसे ग्राइसलैंड में बेचा जाये, तब कहीं कुछ फायदा होगा; ग्रौर वह भी उस हालत में, जब यातायात का साधन मुफ्त का हो।

मैं नहीं सोचता कि इस व्यापार से कोई बहुत मालामाल हो जायेगा, पर मजाक में सत्य का कुछ ग्रंश जरूर है: विषुवक (विषुवत रेखा) से दूर जाने पर भार में सचमुच कमी ग्रा जाती है। इसके दो कारण हैं। प्रथमत:, पृथ्वी के घूर्णन के कारण विषुवक पर स्थित पिंड सबसे बड़ा वृत्त निरूपित करता है। ग्रौर दूसरे, पृथ्वी का गोला विषुवक पर कुछ फूला सा है।

पर भार में ग्रिधिकांश कमी का कारण घूर्णन है। यह ध्रुव से विषुवक पर लाये गये पिंड के भार में  $^{1}/_{290}$  ग्रंश की कमी ला देता है।

कम भारी पिंडों को एक ग्रक्षांश से दूसरे पर लाने से उनके भारों में कभी नगण्य होती है। पर ग्रधिक भारी वस्तुग्रों के लिये यह राशि पर्याप्त बड़ी हो सकती है। किसी ने संदेह नहीं किया होगा कि मास्को में 60 टन भार रखने वाला रेल-इंजन ग्रखांगेल्सक में 60 kg ग्रधिक भारी हो जाता है ग्रीर ग्रोडेसा में उतना ही हल्का हो जाता है।

श्पित्सबेर्गेन द्वीप से एक जमाने में 300 000 टन से श्रधिक कोयला भेजा जाता था। यदि कोयले की यह मान्ना किसी विषुवकवर्ती बंदरगाह पर ग्राती और वहाँ कोयले को कमानीदार तुला पर तौला जाता, तो पता चलता कि 1200 टन कोयला घट रहा है। ग्रखाँगेल्सक में 20 000 टन भार रखने वाला जहाज विषुवकवर्ती सागरों में 80 टन भार खो देता है। हम इसे महसूस नहीं करते, क्योंकि ग्रन्य सभी वस्तुएं भी इसी ग्रनुपात में हल्की हो जाती हैं। खुद सागर का पानी ध्रुव की ग्रपेक्षा विषुवक पर ग्रिधक हल्का होता है।

यदि पृथ्वी का गोला ग्रपने ग्रक्ष के गिर्द ग्रौर तेजी से घूर्णन करता, तो ध्रुव व विषुवक पर वस्तुग्रों के भारों में ग्रौर गहरा ग्रंतर होता। उदाहरणार्थ, यदि पृथ्वी इतनी तेजी से घूर्णन करती कि एक दिन-रात 24 घंटे का नहीं होकर 4 घंटे का होता, तो ध्रुव पर  $1\,\mathrm{kg}$  भार रखने वाला पिंड विषुवक पर सिर्फ  $875\,\mathrm{g}$  भारी होता। शनि ग्रह पर लगभग ऐसी ही स्थित है: वहाँ विषुवक की तुलना में ध्रुव पर पिंड का भार  $^{1}/_{6}$  भाग ग्रधिक होता है।

केंद्रोन्मुखी त्वरण वेग के वर्ग के समानुपाती होता है, ग्रतः कलन द्वारा सरलतापूर्वक वह घूणंन-वेग ज्ञात किया जा सकता है, जिसके लिये केंद्रोन्मुखी त्वरण 290 गुना ग्रधिक हो जाये। यह तब होगा, जब पृथ्वी ग्रपने वर्तमान वेग से 17 गुना ग्रधिक तेज घूणंन करने लगे  $17\times17=290$  लगभग )। इस ग्रवस्था में वस्तुएं ग्रपने ग्रवलंब पर दबाव डालना बंद कर देंगी। दूसरे शब्दों में, यदि पृथ्वी 17 गुना ग्रधिक तेजी से घूणंन करने लगेगी, तो विषुवक पर वस्तुग्रों का भार कुछ भी नहीं रह जायेगा। शिन पर यह स्थित उसके 2.5 गुना तेजी से घूमने पर ही ग्रा जायेगी।

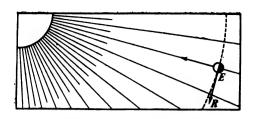
<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> इसी लिये विषुवकवर्ती क्षेत्रों में जहाज का उतना ही भाग पानी में डूबा रहता है, जितना ध्रुववर्ती क्षेत्रों में।

# गुरूत्वाकर्षण बल

# गुरुत्वाकर्षण बल की मात्रा

"यदि हम वस्तुओं का हमेशा नीचे गिरना नहीं देखते, तो हमारे लिये यह अत्यंत आश्चर्य की बात होती"— विख्यात फांसीसी खगोलशास्त्री अरागो ने यह लिखा था। हम इस बात के आदी हो गये हैं कि पृथ्वी हर पार्थिव वस्तु को अपनी ओर आकर्षित करती है, इसीलिये यह संवृत्ति सामान्य व नैसर्गिक प्रतीत होती है। लेकिन जब हमें कहा जाता है कि दुनिया में सभी वस्तुएं एक दूसरे को आकर्षित करती हैं, तो विश्वास मुश्किल से होता है। कारण यह है कि दैनंदिन जीवन में हमें ऐसी कोई बात देखने को नहीं मिलती।

म्राखिर क्या बात है कि साधारण परिस्थितियों में हमारे इर्द-गिर्द गुरूत्वाकर्षण-बल ग्रपने व्यापक रूप में प्रकट नहीं होता? टेबुल, लोग, तरबुज म्रादि क्यों नहीं एक दूसरे को म्राकर्षित करते ? क्योंकि छोटी वस्तुम्रों के बीच गुरूत्वाकर्षण-बल नगण्य होता है: स्रौसत भार वाले दो व्यक्तियों के बीच इस बल का मान सिर्फ 1/100 मिलिग्राम होता है। इसका श्रर्थ है कि दो ब्रादमी एक दूसरे को ब्रपनी ग्रोर उसी बल से खींचते हैं, जिससे 1/100 000 ग्राम का बाट तराजू के पलड़े को दबाता है; इतने नन्हे बोझ का पता विज्ञान-प्रयोगशालाग्रों में व्यवहृत ग्रतिसंवेदनशील तुला ही दे सकती है। स्पष्ट है कि ऐसा बल किसी व्यक्ति को भ्रपने स्थान से नहीं खिसका सकता, - इसमें जूते ग्रीर फर्श के बीच का घर्षण बाधक होगा। लकड़ी के फर्श पर खड़े श्रादमी को घसीटने के लिये 20 kg से ग्रधिक का बल चाहिये (जूते के तल्ले ग्रौर लकड़ी के फर्श के बीच क्रियाशील घर्षण-बल का मान ग्रादमी के भार का 30% जितना होता है)। इतने बड़े बल के साथ मिलिग्राम के शतांश जितने गुरूत्वाकर्षण -बल की तुलना करना हास्यास्पद ही है। मिलिग्राम एक ग्राम का हजारवां ग्रंश है; ग्रर्थात 0,01 mg हमें खिसका सकने वाले बल का एक ग्ररबवां ग्रंश



ासत्र 43. सूर्य का गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी E का पथ विक्रित कर देता है। जड़त्व के कारण पृथ्वी स्पर्शरेखा ER पर भागने को प्रवृत्त रहती है।

है। इसीलिये इस में आश्चर्य की कोई बात नहीं होनी चाहिये कि आम परिस्थितियों में पार्थिव पिंडों के बीच लागू आकर्षण-बल का लेश मात भी दर्शन नहीं होता।

यदि घषंण नहीं होता, तो बात दूसरी होती; पिंडों को निकट लाने में इन क्षीण बलों का कोई बाधक नहीं होता। पर 0.01 mg बल से लोग बहुत मंद गित से एक दूसरे की ग्रोर खिंचेंगे। कलन किया जा सकता है कि घषंण की अनुपस्थिति में एक दूसरे से दो मीटर की दूरी पर खड़े दो व्यक्तियों को यह बल प्रथम घंटे में सिर्फ 3 cm निकट लायेगा; ग्रगले घंटे में उनके बीच की दूरी ग्रौर 9 cm कम हो जायेगी। तीसरे घंटे के दरम्यान वे 15 cm ग्रौर नजदीक हो जायेंगे। कहने का तात्पर्य यह है कि गित बढ़ती जायेगी, पर दोनों व्यक्ति एक दूसरे से सट जायेंगे, इसमें 5 घंटे से कम समय नहीं लगेगा।

घर्षण जैसी बाधा की उपस्थित में भी पार्थिव पिंडों के पारस्परिक आकर्षण का पता लगाया जा सकता है। धागे से लटका हुआ मनका पार्थिव आकर्षण के प्रभाव में होता है, अतः धागे की दिशा उदग्र होती है। यदि निकट कोई भारी पिंड हो, तो वह मनके को अपनी ओर आकर्षित करेगा। फल यह होगा कि धागा अपनी उदग्र दिशा से विचलित हो जायेगा। अब उसकी दिशा मनके को आकर्षित करने वाले दो बलों— पृथ्वी और पिंड के आकर्षण-बलों— के परिणामी बल की दिशा बतायेगी। मनके के इस विचलन का प्रथम अवलोकन स्कौटलैंड के मास्केलाइन ने 1775 ई. में एक पहाड़ के निकट किया था। उसने पहाड़ के दोनों तरफ से शाहुल और तारक-नभ के ध्रुव की दिशाओं की तुलना की। इसी के बाद

पार्थिव पिंडों के म्राकर्षण संबंधी म्रधिक परिष्कृत प्रयोग कार्यान्वित किये गये, जिनमें विशेष बनावट वाली तुला की सहायता से गुरुत्वाकर्षण-बल का म्रधिक शुद्ध मान ज्ञात किया जा सका।

कम द्रव्यमान वाले पिंडों के बीच गुरुत्वाकर्षण-बल नगण्य होता है। द्रव्यमानों के बढ़ने पर वह उनके गुणनफल के अनुपात में बढ़ता है। इसी तथ्य के आधार पर बहुत से लोग इस बल का अतिमूल्यांकन करने लग जाते हैं। एक वैज्ञानिक, — वैसे वे भौतिकविद नहीं, जीवशास्त्री थे, — मुझे विश्वास दिलाना चाहते थे कि समुद्री जहाजों के पारस्परिक खिंचाव का कारण गुरुत्वाकर्षण-बल ही है! कलन द्वारा दिखाया जा सकता है कि इस खिंचाव के पीछे गुरुत्वकर्षण की कोई भूमिका नहीं है। 25000 टन भार वाले दो जहाज 100 m की आपसी दूरी से एक दूसरे को सिर्फ 400 g के गुरुत्वाकर्षण-बल से खींचते हैं। स्पष्ट है कि इतना क्षीण बल इतने बड़े जहाजों को बाल भर भी अपने स्थान से नहीं खिसका सकता। जहाजों के बीच इस रहस्यमय खिंचाव का कारण हम द्रवों के गुण वाले अध्याय में समझायेंगे।

गुरुत्वाकर्षण -- बल का प्रभाव तब महत्त्व रखता है, जब विराट ख-पिंडों की बात चल रही होती है। नेपचून ग्रह हमसे काफी दूर है, पर पृथ्वी को 18 टन के तुल्य गुरुत्वाकर्षण -- बल से प्रभावित करता है। पृथ्वी सूरज से इतनी दूर है, पर गुरुत्वाकर्षण -- बल के कारण ही वह अपनी कक्षा पर स्थित है। यदि सूर्य की आकर्षण -शक्ति किसी कारणवश नष्ट हो जाये, तो पृथ्वी अपने ग्रक्ष की स्पर्शरेखा की दिशा में भाग जाती और ब्रह्मांड की गहराइयों में अनंत काल तक बिना किसी ठौर-ठिकाने के भटकती रहती।

# पृथ्वी को रोकने के लिये फौलादी रस्सा

कल्पना कीजिये कि सूर्यं की म्राकर्षण-शक्ति सचमुच लुप्त हो गयी है श्रीर पृथ्वी की ,कस्मत में सदा के लिये ठंडे श्रीर ग्रंधेरे ब्रह्मांड में भटकना रह गया है। इंजिनियर लोग पृथ्वी को रोकने के लिये गुरूत्वाकर्षण-बल के श्रदृश्य बंधन की जगह मूर्त्त फौलादी रस्से का इस्तेमाल करना चाहते हैं। वे इस रस्से से पृथ्वी को सूर्य के साथ बांधना चाहते हैं, ताकि वह भागे नहीं, श्रपने श्रक्ष पर बनी रहे। कहना नहीं होगा कि यह सब कल्पना की बात है, पर फौलादी रस्से के बारे में थोड़ा सोचें। फौलाद से बढ़ कर मजबूत चीज श्रीर क्या होगी, जो हर वर्ग मिलिमीटर पर 100 kg का तनाव सहन कर सके। श्रब श्राप 5 m व्यास वाले विराट लौह-स्तंभ की कल्पना करें। उसके श्रनुप्रस्थ-काट का क्षेत्रफल लगभग 20 000 000 वर्ग मिलिमीटर होगा; श्रतः यह खंभा 20 000 000 टन के तनाव से टूट सकता है। श्रव कल्पना करें कि ऐसे ही श्रत्यंत लंबे खंभे (या खंभे जितने मोटे फौलादी तार) से पृथ्वी को सूर्य के साथ बांधना है। श्राप जानते हैं कि पृथ्वी को उसके श्रक्ष पर रोके रखने के लिये ऐसे कितने खंभों की जरूरत पड़ेगी? करोड़ो करोड़। सूर्य की श्रीर वाले पृथ्वी के पूरे श्रद्धं पर यदि इन खंभों का घनघोर जंगल बना दिया जाये, श्रौर ये सारे खंभे सूर्य से जुड़े हों, तब जाकर काम चल सकता है। इतने तारों को ऐंठ कर बने रस्से को तोड़ने वाले बल की यदि श्राप कल्पना कर सकें, तो श्राप समझ जायेंगे कि पृथ्वी श्रौर सूर्य के बीच गुरूत्वाकर्षण-बल का श्रदृश्य बंधन कितना विराट है।

ग्रीर यह विराट बल करता क्या है? पृथ्वी को स्पर्शरेखा से प्रति सेकेंड 3 mm का विचलन देते हुए उसके पथ को विकत करता रहता है। इसी के कारण पृथ्वी का पथ बंद दीर्घवृत्तीय घेरे जैसा होता है। ग्राश्चर्य की बात है कि पृथ्वी को प्रति सेकेंड 3 mm (ग्रर्थात इन ग्रक्षरों की ऊँचाई के बराबर) खिसकाने के लिये इतने बड़े बल की ग्रावश्यकता पड़ती है! यदि यह विराट बल पृथ्वी को इतना नगण्य स्थानांतरण देता है, तो इससे ग्राप पृथ्वी के द्रव्यमान का ग्रंदाजा लगा सकते हैं। कितना बड़ा है वह!

### गुरुत्वाकर्षण-बल के प्रभाव से कैसे बचें?

ग्रभी हमने कल्पना-दृष्टि से देखा कि पृथ्वी ग्रौर सूर्य को जोड़ने वाले गुरूत्वाकर्षण—बल के अदृश्य बंधन के टूट जाने पर पृथ्वी ब्रह्मांड में भटकना गुरू कर देगी। अब देखें कि पृथ्वी पर स्थित वस्तुग्रों के साथ क्या होगा, यदि गुरूत्व का लोप हो जाये। वस्तुग्रों को हमारे ग्रह पर रोक रखने वाला बंधन नष्ट हो जायेगा, वे हल्का सा भी ठोकर लगने पर ब्रह्मांड में उड़ना शुरू कर देंगी। ठोकर देने की भी ग्रावश्यकता नहीं पड़ेगी: हमारे ग्रह का घूर्णन उन सभी वस्तुग्रों को व्योम में फेंक देगा, जो उसके साथ मजबूती से नहीं जुड़ी हैं।

श्रंग्रेज लेखक वेल्स ने इस विचार का उपयोग श्रपने उपन्यास में चंद्रमा की काल्पनिक याता का वर्णन करने के लिये किया है। "चंद्रमा के प्रथम याती" नामक इस कृति में उपन्यासकार ने श्रंतर्ग्रही यात्राश्चों की एक मौलिक विधि बतायी है। उपन्यास का नायक कैवर एक विशेष प्रकार के पदार्थ का श्राविष्कार करता है, जो गुरुत्वाकर्षण-बल के लिये श्रवेध्य होता है। किसी पिंड के नीचे इस पदार्थ की एक परत बना देने पर पिंड पृथ्वी के श्राकर्षण-बल के बंधन से मुक्त हो जाता है। इस काल्पनिक पदार्थ का नाम वेल्स ने "कैवरीट" रखा।

उपन्यास का एक भ्रवतरण पढ़ें:

"हम जानते है कि गुरूत्वाकर्षण, या गुरूत्व बल, सभी वस्तुओं के आर-पार जा सकता है। प्रकाश के मार्ग में दीवार डाल कर आप उसे वस्तु तक पहुँचने से रोक सकते हैं। रेडियो या टेलीग्राफ संचार के वैद्युत-तरंगों का पथ झातुई चहर से रोका जा सकता है। पर वस्तु को सूर्य या पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण से बचाने वाला कोई कवच नहीं है। प्रकृति में ऐसे पदार्थ की अनुपस्थिति का कारण ज्ञात नहीं है, पर कैवर के विचार में गुरूत्व के लिये अवेध्य पदार्थ बनाया जा सकता है और वह सोचता है कि बना भी लेगा।

यदि किसी में थोड़ी भी विचारशक्ति हो, तो वह सरलतापूर्वक ऐसे पदार्थ के लाभ की कल्पना कर सकता है। यदि कोई भार उठाना हो, तो उसके नीचे इस पदार्थ का चदरा बिछा देना काफी रहेगा। वस्तु कितनी भी भारी क्यों न हो, उसे उठाना बिल्कुल कठिन नहीं रह जायेगा।"

ऐसे पदार्थ का म्राविष्कार कर लेने के बाद उपन्यास का नायक एक यान बनाता है, जिसमें चंद्रमा की याता को निकल पड़ता है। यान की बनावट जटिल नहीं है। उसमें कोई चिलत्न (मोटर) नहीं है; वह नक्षत्नों के गुरुत्वाकर्षण-बल से चलता है।

यान की बनावट का वर्णन देखें:

"ग्राप मोटे काँच के एक बड़े गेंद की कल्पना करें, जिसमें ग्रावश्यक सामान सिंहत दो ग्रादमी ग्रॅंट सकते हैं। यह गेंद एक फौलादी गेंद के भीतर ठीक-ठीक ग्रॅंट जाता है। साथ में ग्राप संघनित वायु, जलासवन यंत्र, सांद्रित खाद्य-सामग्री ग्रादि रख ले सकते हैं। फौलादी गेंद पर बाहर से "कैवरीट" की परत चढ़ी होगी। ग्रंदरूनी काँच का खोल दरवाजे की जगह छोड़ कर

सर्वत्र एकाश्म होगा। फौलादी गेंद अलग-अलग खिड़िकयों में बँटा होगा। हर खिड़िकी पर्दे की तरह मोड़ी जा सकेगी। इसके लिये विशेष कमानियों व विद्युत का प्रयोग करना होगा। बिजली भीतर से खिड़िकयों तक प्लैटिनम के तारों की मदद से लायी जायेगी। ये सब तो तकनीकी विवरण हुए। मुख्य बात यह है कि बाहरी खोल "कैवरीट" के पर्दों से वना होगा, जो जरूरत पड़ने पर हटाये जा सकेंगे। जब सारे पर्दे गिरे होंगे, यान के भीतर कोई भी किरण के रूप में वाह्य ऊर्जा नहीं आ सकेगी—चाहे वह प्रकाश हो, या किरण के रूप में कोई अन्य ऊर्जा, या गुरूत्याकर्षण-बल। अब मान लें कि एक खिड़िकी खुली हुई है। इस स्थिति में खिड़िकी के सामने जो भी बड़ा पिंड होगा, यान को अपनी और खींचना शुरू कर देगा। व्यवहारतः बह्यांड में हम किसी भी दिशा में यादा कर सकेंगे। इसके लिये सिर्फ आवश्यक दिशा में खिड़िकी खोलनी होगी।"

#### चंद्रमा की भ्रोर

उपन्यासकार ने प्रस्थान का बड़ा ही रोचक वर्णन किया है। यान की सारी खिड़िक्यां बंद हैं। "कैंवरीट" की परत के कारण वह बिल्कुल भारहीन हो गया है। ग्राप समझते होंगे कि भारहीन वस्तु हवा के तल पर नहीं रह सकती। गहरे झील के तल पर रखा हुग्रा लकड़ी का हल्का काग जैसे तेजी से ऊपर उठता है, वैसे ही यान हवा में ऊपर उड़ना शुरू करता है ग्रौर हवा की सीमा पर ग्राकर काग की तरह ही हवा से ऊपर उछलता है ग्रौर ग्रंतिरिक्ष में चलना शुरू कर देता है। पृथ्वी का घूर्णन भी उसे फेंकता हुग्रा उसकी उड़ान में सहायक होता है। उपन्यास के नायक इसी प्रकार ग्रपनी याता ग्रारंभ करते हैं। ग्रंतिरिक्ष में वे कभी सूरज, तो कभी पृथ्वी, तो कभी चंद्रमा के ग्राकर्षण बल से खिंचते हुए हमारे एकमात उपग्रह की सतह तक पहुँच जाते हैं। बाद में उनमें से एक याती इसी यान में पृथ्वी पर वापस भी लौट ग्राता है।

वेल्स के विचार का विश्लेषण हम यहाँ नहीं करेंगे; यह मैं पहले कर चुका हूँ श्रौर दिखा चुका हूं कि इसका कार्यान्वयन संभव नहीं है। <sup>1</sup> फिलाहाल

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> दे . " अंतर्ग्रही यात्रायें "।

उपन्यासकार की बातों का विश्वास कर लेते हैं श्रौर देखते हैं कि श्रागे क्या होता है।

#### चांद पर ग्राघा घंटा

उपन्यास के पात्र एक ऐसी दुनिया में पहुँच गये हैं, जहाँ गुरूत्व-बल पृथ्वी की तुलना में अत्यंत क्षीण है। उनके विचित्र अनुभवों का रोचक वर्णन उन्हीं में से एक की मुजबानी सुनें: 1

"मैंने ढक्कन घुमा कर खोलना शुरू किया। घुटनों पर खड़ा हो कर छेद में से बाहर झाँकने लगा; मेरे सर से तीन फूट की दूरी पर नीचे चांद का अक्षत हिम पड़ा हुआ था।

कैवर कंबल भ्रोढ़ कर छेद की किनारी पर बैठ गया श्रीर सावधा-नी से पैर नीचे करने लगा। जमीन से करीब श्राधा फूट ऊपर तक पैर लटका चुकने के बाद वह थोड़ा हिचकिचाया श्रीर फिर कूद गया। उसके पैर ग्रब चांद की घरती पर थे।

मैं शीश के खोल में बैठा उसे देख रहा था। कुछ कदम चलने के बाद वह रूक गया, मिनट भर ग्रपने इर्द-गिर्द देखता रहा ग्रौर ग्रंत में उसने श्रागे की ग्रोर छलांग लगा दी।

शीशे से साफ नहीं दिख रहा था, पर मुझे लगा कि छलांग कुछ ज्यादा ही लंबी थी। कैंवर एक छलांग में ही 6-10 मीटर दूर पहुँच गया था। वहाँ चट्टान पर खड़ा हो कर उसने मुझे कुछ इशारे किये; हो सकता है कि चिल्ला कर कुछ कहा भी हो, - पर आवाज मुझ तक नहीं ग्रा रही थी... पर इतनी लंबी छलांग उसने कैंसे लगा ली?

मैं चक्कर में पड़ा छेद के बाहर निकला श्रौर नीचे उतर श्राया। पैरों तले बर्फ थी। मैंने कदम उटाया श्रौर छलांग लगा दी.

मुझे लगा कि मैं उड़ रहा हूँ; पर जल्द ही उस चट्टान पर

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> "चांद के प्रथम यात्री" उपन्यास का यह ग्रवतरण बीच-बीच से कुछ छोड़ कर दिया जा रहा है।

उतर म्राया, जहाँ कैवर मेरा इंतजार कर रहा था। मैं म्राक्चर्य से किंकर्त्तव्यविमृढ़ चट्टान का कोना पकड़े लटका हुम्रा था।

कैवर झुका हुन्ना खसखसी म्रावाज में चिल्ला रहा था कि मुझे सावधानी बरतनी चाहिये। मैं तो बिल्कुल भूल गया था कि चांद पर गुरूत्व की प्रचंडता पृथ्वी से छे गुनी कम है। पर यहाँ की वास्तविकता स्वयं इस बात की याद दिला रहा थी।

सावधानी से अपनी गित नियंत्रित करते हुए मैं चट्टान की चोटी पर चढ़ आया और गिठिये के बीमार जैसा रेंगता हुआ कैवर के पास खड़ा हुआ। हमारा यान हमसे करीब 30 फूट की दूरी पर खड़ा था। उसके नीचे पड़ी बर्फ हल्के-हल्के पिघल रही थी।

-देखिये, -मैंने कैवर की स्रोर मुड़ते हुए कहा। पर कैवर गायब था।

क्षण भर मैं शाक्ष्वर्य से ठगा खड़ा रहा। होश में ग्राते ही चट्टान की किनारी से झाँकने के लिये मैंने जल्दी-बाजी में एक कदम बढ़ाया। पृथ्वी पर यह कदम एक मीटर लंबा होता, पर मैं भूल गया था कि यह चांद है। यहाँ इस कदम से मैं ग्रपने स्थान से 6 मीटर ग्रागे बढ़ गया। मैं चट्टान की किनारी से 5 मीटर दूर था।

मैं चक्कर खाता हुन्ना गिर रहा था। अनुभव वैसा ही था, जैसे आप सपने में किसी खाई में गिरते जा रहे हों। पृथ्वी पर गिरता हुन्ना आदमी प्रथम सेकेंड में कोई 5 मीटर की दूरी तय करता है। चांद पर सिर्फ 80 सेंटीमीटर। इसीलिये मैं करीब 9 मीटर नीचे उड़ता हुन्ना बिना किसी चोट के जमीन पर पहुँच गया। मुझे लगा कि मैं काफी देर से गिर रहा था, पर इसमें तीन सेकेंड से अधिक नहीं लगे थे। मैं रूई के फाहे की तरह हौले से जमीन पर गिरा और घटनों तक नर्म बर्फ में धूँस गया।

- कैवर! - मैंने निगाहों से उसे ढूँढ़ते हुए पुकारा। पर वह कही नजर नहीं श्रा रहा था।

- कैवर! - मैंने और जोर से पुकारा।

अचानक मेरी नजर उस पर पड़ी: वह हैंस रहा था। मुझसे करीब 20 मीटर की दूरी पर खड़ा वह मुझे कुछ इशारे कर रहा था। उसकी आ्रावाज मुझे सुनायी नहीं दे रही थी, पर उसके इशारों का अर्थ मैं समझ गयाः वह मुझसे अपनी श्रोर छलांग लगाने को कह रहा था।

पहले तो मैं थोड़ा हिचिकिचाया, क्योंकि हम दोनों के बीच दूरी बहुत बड़ी थी। पर मैंने सोचा कि यदि कैंवर इतनी लंबी छलांग लगा सकता है, तो शायद मैं भी लगा लुगा।

एक कदम पीछे हट कर मैंने सारी शक्ति से छलांग लगा दी। मैं तीर की तरह हवा में उड़ गया। मुझे लगा कि ग्रब जमीन पर कभी नहीं उतक्तंगा। यह कल्पनातीत उड़ान थी। जैसा कि सपने में होता है, डर भी लग रहा था ग्रौर मजा भी ले रहा था।

छलांग काफी बड़ी निकली: मैं कैवर के सर के ऊपर से गेंद की तरह निकल गया।"

#### चांद पर चांदमारी

विख्यात सोवियत भ्राविष्कारक क. ए. त्सियलकोव्स्की के उपन्यास "चांद पर" की यह कहानी गुरूत्व-बल के भ्रधीन संपन्न होने वाली गितयों की प्रकृति समझने में सहायक होगी। वातावरण गित में बाधक होता है, इसीलिये पृथ्वी पर भ्रभिपातन के सरल नियम साफ प्रकट नहीं होते। पिंड पर गुरूत्व-बल के साथ-साथ वातारण का घर्षण बल भी कियाशील हो जाता है, जिसके कारण स्थिति की जिटलता बढ़ जाती है भ्रौर चित्र साफ नहीं मिलता। चांद पर हवा बिल्कुल नहीं है, भ्रतः वह पिंडों का भ्रभिपातन भ्रध्ययन करने के लिये भ्रच्छी प्रयोगशाला सिद्ध हो सकता है, यदि वहाँ पहुँच कर वैज्ञानिक भ्रध्ययन करने का मौका मिले।

निम्न ग्रवतरण में चंद्रमा पर स्थित दो व्यक्ति बंदूक से निकली गोली की गति का ग्रध्ययन करना चाहते हैं:

- "- लेकिन क्या बारूद यहाँ विस्फोट करेगा?
- विस्फोटक पदार्थ हवा की बिनस्बत शून्य में श्रौर श्रिधिक शिक्त से काम करते हैं, क्योंकि हवा उनके प्रसार में बाधक होती है। जहाँ तक श्रौक्सीजन का सवाल है, उन्हें इसकी जरूरत नहीं है, क्योंकि श्रौक्सीजन की ग्रावश्यक मात्रा इन पदार्थों में पहले से मौजूद रहती है।

- बंदूक उदप्र खड़ा रखते हैं, ताकि विस्फोट के बाद गोली यहीं नजदीक में दुँदा जा सके...

ग्राग, हल्का सा धमाका, धरती में क्षीण कंपन। 1

- खोल कहाँ गया? उसे तो भ्रास-पास ही होना चाहिये।
- खोल गोली के साथ ही उड़ गया थ्रौर शायद ही उसका पीछा छोड़े। पृथ्वी पर वातावरण का घर्षण खोल को सीसे से ग्रलग कर देता है, पर यहाँ रूई का फाहा भी इतनी तेजी से गिरता या उठता है, जैसे पत्थर हो। तुम रूई का गोला लो ग्रौर मैं लोहे का गोला लेता हूँ। दोनों ग्रपना-ग्रपना गोला फेंकते हैं। जितनी ग्रासानी से मैं फेंकूगा उतनी ही ग्रासानी से तुम भी फेंक लोगे। मैं करीब 400 m तक फेंक सकता हूँ। तुम भी करीब इतना ही दूर फेंक लोगे। यह बात दूसरी है कि तुम्हारे गोले से किसी को चोट नहीं ग्रायेगी। तुम महसूस भी नहीं करोगे कि कुछ फेंक रहे हो। ग्राग्रो, दोनों ग्रपना-ग्रपना गोला फेंकते है उस लाल ग्रैनाइट पर... तुम देखोगे कि ज्यादा ग्रंतर नहीं है।

रूई का गोला लोहे वाले से कुछ ग्रागे निकल गया, मानों उसे कोई ग्रांघी उड़ा ले गयी हो।

- -पर यह क्या बात है? गोली छोड़े तीन मिनट बीत चुके हैं ग्रीर वह ग्रभी तक लौटी नहीं?
  - दो मिनट ग्रौर ठहर जाग्रो; लौटेगी जरूर।

दो मिनट बाद गोली सचमुच में वापस आ गिरी: जमीन में हल्का सा कंपन हुआ और थोड़ी दूर पर खोल उछलता हुआ नजर आया।

- कितनी देर तक वह उड़ती रही! कितनी ऊँची वह गयी होगी?
- करीब सत्तर किलोमीटर। इतनी ऊँचाई तक जा सकने के दो कारण हैं - क्षीण गुरूत्व और वातावरण के प्रतिरोध की अनुपस्थित।"

 $<sup>^{1}</sup>$  धमाके की म्रावाज कानों तक जमीन म्रौर म्रादमी के शरीर से गुजरती हुई पहुंचती है, हवा के माध्यम से नहीं। चांद पर हवा नहीं है।

देखा जाये कि यह ऊँचाई कहाँ तक सच है। यदि बंदूक से निकलते वक्त गोली का वेग  $500 \, \mathrm{m}$  प्रति सेकेंड माना जाये (श्राधिनक श्रस्त डेढ़ गुने श्रधिक वेग से गोली फेंकते हैं), तो पृथ्वी पर वातावरण की श्रनु-पस्थित में गोली के उठने की ऊँचाई होती

$$x = \frac{v^2}{2g} = \frac{500^2}{2 \cdot 10} = 12500 \,\mathrm{m},$$

ग्रर्थात  $12^1/_2\,\mathrm{km}$ । चांद पर गुरूत्व की प्रचंडता 6 गुनी कम है, ग्रतः g के स्थान पर  $10/6~\mathrm{m/s^2}$  रखना चाहिये ; इस स्थिति में गोली के उड़ने की ऊँचाई होगी

$$12500 \cdot 6 = 75 \text{ km}$$

# तलहीन कुएं में

पृथ्वी के गर्भ में क्या हो रहा है, इसके बारे में हमें बहुत कम ज्ञान है। कुछ लोग मानते हैं कि पृथ्वी में सैंकड़ों किलोमीटर मोटी ऊपरी ठोस परतों के नीचे गर्म तरल पदार्थ भरा हुआ है। दूसरों का कहना है कि पृथ्वी केंद्र तक ठोस ही ठोस है। असिलयत क्या है, इसका उत्तर देना किठन है, क्योंकि पृथ्वी में बनाया गया सबसे गहरा सुराख 7.5 किलोमिटर से अधिक गहरा नहीं हैं और सबसे गहरा खान, जिसमें आदमी उतर सका है, 3300 m की गहराई पर स्थित है। पर पृथ्वी की तिज्या है 6400 km। यदि जमीन में इतना गहरा कुआं खोदा जाये कि पृथ्वी में आर-पार छेद ही हो जाये और यह छेद पृथ्वी के केंद्र से होता हुआ, अर्थात व्यास के सहारे गुजरे, तब शायद ऐसे प्रश्नों का उत्तर देना संभव होगा। आधुनिक तकनीकी उपलब्धियों के वश का यह काम नहीं है, यद्यपि पृथ्वी में जितने सुराख अवतक किये जा चुके हैं, उनकी लंबाइयों का कुल योग हमारे ग्रह के व्यास से अधिक ही होगा। पृथ्वी के आरपार सुराख बनाने का सपना अठारहवीं शती के गणितज्ञ मोपेर्टी और दार्शनिक वोल्टर देखा करते थे।

 $<sup>^1</sup>$  बोक्सबर्ग (दक्षिणी श्रफीका, ट्रांसवाल) में सोने के खान की बात चल रही है। ज्ञातव्य है कि इसका मुहाना सागर-तल से  $1600~\mathrm{m}$  ऊपर है। सागर-तल से नीचे इसकी गहराई सिर्फ  $1700~\mathrm{m}$  है। — संपादक।

फांस के खगोलशास्त्री फ्लैमारियन ने बाद में इस योजना को पुनर्जन्म दिया, पर इनकी योजना उतने बड़े पैमाने की नहीं थी। इस विषय पर उनका निबंध छपा था, जिसके प्रथम पृष्ठ से एक चित्र यहाँ दिया जा रहा है (चित्र 44)।



चित्र 44. यदि पृथ्वी में उसके व्यास के सहारे एक छेद किया जाये...

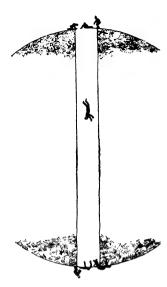
पर ग्रभी तक इस तरह का कुछ किया नहीं जा सका

है, अतः हम काल्पनिक तलहीन कुएं से संबंधित एक रोचक प्रश्न का उत्तर ढूँढ़नें की कोशिश करते हैं। यदि आप ऐसे कुएं में गिर जायें, तो क्या होगा (हवा के प्रतिरोध को आप थोड़ी देर के लिये भूल जा सकते हैं)? आपके चूर होने का कोई डर नहीं है, क्योंकि तल है ही नहीं। कहाँ आप रूकेंगे?

पृथ्वी के केंद्र में ? नहीं।

जब ग्राप गिरते हुए पृथ्वी के केंद्र तक पहुँचेंगे, श्रापकी गित इतनी विशाल होगी (करीब 8 km/s) कि रूकने का प्रश्न ही नहीं उठता। ग्राप केंद्र से ग्रागे बढ़ते जायेंगे, पर इस क्षण से ग्रापका वेग कम होने लगेगा। जब ग्राप कुएं के दूसरे छोर पर पहुँचेंगे, तब ग्राप रूकेंगे। यहाँ ग्रापको कस के किनारी पकड़ लेनी चाहिये, ग्रन्थथा फिर से ग्रापको पूरे कुएं की सैर करनी पड़ेगी; ग्राप वापस उस छोर पर पहुँच जायेंगे, जहाँ से ग्राप का गिरना शुरू हुग्रा था। यदि यहाँ भी कुछ पकड़ने को नहीं मिला, तो ग्राप इसी तरह कुएं के दोनों छोरों के बीच ग्रविराम झूलते रहेंगे। यांत्रिकी बताती है कि इन परिस्थितियों में (मैं एक बार फिर से दुहरा दूँ कि कुऐ में हवा का प्रतिरोध नहीं है), पिंड ग्रनंत काल तक इधर-उधर झूलता रहेग। 1

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यदि कुएं में वायु का प्रतिरोध होगा, तो झूलने की गति शनै: शनै: धीमी पड़ने लगेगी श्रौर श्रादमी श्रंततोगत्वा केंद्र पर श्राकर रूक जायेगा।



चित्र 45. पृथ्वी के केंद्र से हो कर ग्रार-पार खोदे गये कुएं में गिरने पर ग्रादमी एक छोर तक ग्रावराम झूलता रहेगा ग्रीर एक पूर्ण झूलन में उसे 1 घंटा 24 मिनट का समय लगेगा।

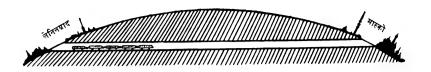
एक बार एक छोर से दूसरे तक जाने श्रौर वहाँ से लौटने में कितना समय लगेगा? कलन से ज्ञात होता है कि ऐसे एक पूर्ण झूलन में 84 मिनट 24 सेकेंड, श्रर्थात लगभग डेढ़ घंटा खर्च होगा।

"ये बातें होतीं, - फ्लैमारियन म्रागे लिखते हैं, - यदि कुम्रां पृथ्वी के ग्रक्ष के सहारे एक ध्रुव से दूसरे ध्रुव तक खोदा गया होता। लेकिन कुम्रां किसी दूसरे अक्षांश पर युरोप, एशिया या श्रफीका में कहीं खोदा जायेगा, तो पृथ्वी के घूर्णन के प्रभाव को भी ध्यान में रखना होगा। ज्ञात है कि विषुवक पर पृथ्वी तल का हर बिंदू एक सेकेंड में 465 m तय करता है श्रीर पेरिस के ग्रक्षांश पर - 300 m । चुँकि घूर्णनाक्ष से दूर जाने पर वलन-वेग बढ़ता है, सीसे का गोला कूएंमें फेंकने पर वह उदग्र दिशा में नहीं, पूरब की ग्रोर थोड़ा झुकता हुग्रा गिरेगा। यदि तलहीन कुम्रां विषुवक

पर खोदना हो, तो उसका मुँह बहुत चौड़ा बनाना पड़ेगा, या कुएं को सीधा नीचे की ग्रोर नहीं, बल्कि बहुत तिरछा खोदना पडेगा, क्योंकि पृथ्वी-तल से उसमें गिरता हुग्रा पिंड उसके केंद्र से बहुत दूर पूरब की दिशा में चला जायेगा।

यदि कुएं का एक मुहाना दक्षिणी भ्रमेरिका के किसी 2 किलोमीटर ऊँचे पठार पर हो भ्रौर दूसरा मुहाना सागर-तल की ऊँचाई पर हो, तो पठार वाले मुहाने से गिरता हुन्ना भ्रादमी दूसरे मुहाने से इतनी तेजी से निकलेगा कि वह दो किलोमीटर ऊँचा चला जायेगा।

यदि कुएँ के दोनों ही मुहाने सागर-तल की ऊँचाई पर बने हों, तो



चित्र 46. यदि मास्को श्रौर लेनिनग्राद के बीच एक सुरंग खोदी जाये, तो उसमें रेलगाड़ी सिर्फ ग्रपने भार से चला करेगी; इंजन की ग्रावश्यकता नहीं पड़ेगी।

एक से गिर कर दूसरे तक पहुँचने के क्षण ब्रादमी का वेग शून्य होगा ब्रौर कोई भी दूसरा ब्रादमी हाथ बढ़ा कर उसे पकड़ ले सकेगा। इसके पहले वाली स्थिति में कोई हाथ देने में भी डरेगा।"

# जादूई पथ

सान-पिटरबुर्ग <sup>1</sup> में एक छोटी सी पुस्तिका छपी थी, जिसका नाम कुछ विचिन्न सा था: "सुरंग में बिना इंजन के चलने वाली मास्को-पिटरबुर्ग गाड़ी। कल्पनातीत उपन्यास, जो श्रव तक सिर्फ तीन खंडों में है श्रौर वे भी पूरे नहीं हैं।" इसके लेखक श्रा. श्रा. रदिनख एक योजना प्रस्तुत करते हैं, जो वैज्ञानिक विरोधाभासों के प्रेमियों को बहत पसंद श्रायेगी।

योजना थी " 600 km लंबी सुरंग बनाने की, जो हमारी दोनों राजधा-नियों को बिल्कुल सरल रेखा द्वारा मिला सके। इसके फलस्वरूप मनुष्य-जाति को पहली बार सीधे पथ पर चलने का मौका मिलता। ग्रबतक हमें वक्र पथों पर ही चलना पड़ता है।" (लेखक कहना चाहता है कि पृथ्वी-तल के वक्र होने के कारण उस पर बने सभी पथ भी वक्र ही हैं, पर योजनाधीन सुरंग सीधी रेखा पर, ग्रर्थात् पृथ्वी के गोले के चापकर्ण पर चलने का ग्रवसर देगी।)

यदि ऐसी सुरंग खोदी जा सकती, तो इस पर बने पथ में एक खासियत होती, जो किसी दूसरे पथ में नहीं है। इसपर कोई भी गाड़ी बिना किसी इंजन के चला करती। पृथ्वी के ग्रार-पार बने कुएं को स्मरण करें। लेनिन-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> लेनिनग्राद का पुराना नाम।

ग्राद-मास्को सुरंग ऐसा ही एक कुग्रां है। ग्रंतर इतना ही है कि यह पृथ्वी के व्यास के सहारे नहीं, चापकर्ण के सहारे बनाया गया है। चित्र 46 को देखने पर ग्रापको लग सकता है कि सुरंग क्षेतिज स्थिति में है ग्रौर इसीलिये इस में कोई भी गाड़ी स्वयं अपने भार से नहीं चलेगी। पर यह दृष्टि-श्रम है। ग्राप मन ही मन सुरंग के दोनों छोरों से पृथ्वी की त्रिज्या खींच कर देखें (त्रिज्या की दिशा शाहुल-रेखा की दिशा बताती है); ग्राप समझ जायेंगे कि सुरंग उदग्र शाहुल-रेखा के साथ समकोण नहीं बनाती, ग्रर्थात् वह क्षैतिज नहीं तिरछो है।

ऐसे तिरछे कुएं में कोई भी वस्तु गुरूत्व-बल के प्रभाव से ग्रागे-पीछे झूलना शुरू कर देगी। पर इस कुएं में पिंड बीचों-बीच नहीं गिरेगा, वह पथ्वी के केंद्र की श्रोर वाली दीवार के सहारे फिसलता हुआ याता करेगा। यह दीवार ही सुरंग का तल है। इस पर यदि पटरियां बिछा दी जायें, तो उन पर रेलगाड़ी बिना इंजन के खुद-ब-खुद चला करेगी। ग्रारंभ में गाड़ी बहुत धीमी गति से चलेगी, पर उसका वेग प्रति सेकेंड बढ़ता जायेगा। जल्द ही उसका वेग इतना बढ़ जायेगा कि सूरंग में स्थित हवा उसकी गति का प्रतिरोध करने लगेगी। पर थोडी देर के लिये इस दुखद बाधा को भूल जायें ग्रौर गाड़ी के साथ चलें; देखें कि ग्रागे क्या होता है। सूरंग के बीच ग्राते-ग्राते गाडी का वेग इतना बढ जायेगा कि तोप के गोले से चार-पाँच गुना तेज भागना शुरू कर देगा। यद्यपि इस क्षण से उसका वेग घटना शुरू हो जायेगा, वह रूकते-रूकते लगभग दूसरे छोर तक पहुँच जायेगा। यदि घर्षण बल नहीं होता, तो यह "लगभग" भी नहीं रह जाता: गाडी बिना इंजन के लेनिनग्राद से मास्को तक स्वयं पहुँच जाती। कलन बताते हैं कि एक तरफ की याता में उतना ही समय लगेगा, जितना कूएं में पृथ्वी के ग्रार-पार गिरने में लगता है - 42 मिनट 12 सेकेंड। यह श्रंतराल सूरंग की लंबाई पर निर्भर नहीं करता। मास्को-लेनिनग्राद, मास्को-क्लादीवस्तोक या मास्को-मेलबर्न - इन सारे सूरंगों की याता में एक ही समय लगेगा। है न विचित्न बात? 1

¹ एक इससे भी रोचक बात सिद्ध की जा सकती है: ग्रह के ग्रार-पार खुदे कुएं में "झूलन-काल" ग्रह के ग्राकार पर निर्भर नहीं करता; यह सिर्फ उसके घनत्व पर निर्भर करता है।

यह बात रेलगाड़ी के साथ ही नहीं, किसी भी दूसरी गाड़ी के साथ होगी, ग्रतः रेलगाड़ी की बजाय ग्राप मोटर-कार भी इस्तेमाल कर सकते हैं। चार चक्कों वाले रथ में भी ऐसी यात्रायें संपन्न की जा सकती हैं; घोड़े की जरूरत नहीं पड़ेगी। ग्रब ग्राप ग्रवश्य सहमत होंगे कि ऐसा पथ सचमुच तिलस्मी है, जिसपर कोई भी गाड़ी खुद ब खुद इतने बड़े वेग से चल सकती है।

# सुरंग कैसे खोदते हैं?

चित्र 47 में सुरंग खोदने की तीन विधियां दिखायी गयी हैं। स्राप इन्हें देख कर बतायें कि इनमें से कौन सी सुरंग क्षींक्षेज है।

सिर्फ बीच वाली सुरंग क्षेतिज है, क्योंकि वह भ्रपने हर बिंदु पर शाहुलरेखा (या पृथ्वी की विज्या) के साथ समकोण बनाती है। उसका मोड़ पृथ्वी-तल की वक्रता के भ्रनुरूप है।

लंबी सुरंगें भ्रक्सर ऊपर वाले चित्र की तरह खोदी जाती हैं। यह सुरंग भ्रपने सिरों पर पृथ्वी-तल की स्पर्शरेखा का काम करती है। ऐसी सुरंगें पहले कुछ ऊपर जाती हैं और फिर नीचे। इनका सबसे बड़ा लाभ यह है कि भीतर पानी नहीं जमता, वह बह कर मुहानों से निकल भ्राता है।

यदि सुरंग बिल्कुल क्षैतिज बनायी जाये, तो उसका रूप मेहराब की तरह होगा। इसमें पानी कहीं भी नहीं बह सकेगा, क्योंकि वह हर बिंदु

पर संतुलन की अवस्था में रहेगा।
यदि ऐसी सुरंग की लंबाई 15 km से
अधिक होगी (जैसे 20 km लंबी
सिंप्लोंस्की सुरंग) तो आप एक मुहाने
से झाँक कर दूसरा सिरा नहीं देख
पायेंगे: आपकी निगाह छत से टकरा
जायेगी, क्योंकि सुरंग का मध्य
अपने मुहानों की तुलना में कहीं अधिक
ऊँचा होता है।

ग्रंत में, यदि सुरंग उसके मुहानों को जोड़ने वाली सरल रेखा पर खुदी



चित्र 47. पहाड़ के ग्रार-पार सुरंग खोदने की तीन विधियां।

होगी, तो वह दोनों ही सिरों से बीच की स्रोर थोड़ी झुकी होगी। ऐसी सुरंग से पानी बह कर बाहर तो क्या निकलेगा, उल्टा उसके बीच में जमा होने लगेगा, क्योंकि यह स्थान सबसे गहरा होगा। पर यदि स्राप इसके एक मुहाने पर खड़े होकर देखेंगे, तो दूसरा सिरा बिल्कुल साफ नजर स्रायेगा। जो कुछ यहाँ कहा गया है, स्राप चित्र देख कर समझ जायेंगे।

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> ऊपर कही गयी बातों से यह भी निष्कर्ष निकलता है कि क्षैतिज रेखाएं वऋ होती हैं; सरल (ऋजु) क्षैतिज रेखायें नहीं होतीं। उदग्र रेखाएं हमेशा ऋजु होती हैं; वे वऋ नहीं हो सकतीं।

### तोप से यात्रा

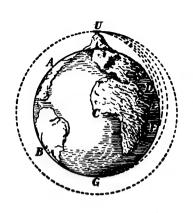
गुरुत्वाकर्षण - बल व गित-नियमों के बारे में बातचीत सामप्त करने के पहले चंद्रमा की उस कल्पनातीत सैर का थोड़ा विश्लेषण कर लें, जिसका जूल वेर्न ने "पृथ्वी से चांद पर" श्रीर "चांद की परिक्रमा" नामक श्रपने उपन्यासों में इतना रोचक वर्णन किया है। श्रापको बाल्टीमोर तोप-क्लब के सदस्य तो याद ही होंगे, जिन्होंने चांद पर भेजने के लिये एक विशाल तोप के खोखले गोले में याद्रियों को बैठा कर तोप दागने का निश्चय किया था।

विचार कोरी कल्पना ही है या इसके पीछे सत्य का भी कुछ ग्रंश है? पहला प्रश्न है: क्या किसी पिंड को इतना बड़ा वेग संप्रेषित किया जा सकता है कि वह पृथ्वी पर वापस न लौटे?

#### न्यूटन का पहाड़

देखें कि इसके बारे में गुरुत्वाकर्षण — नियम के अन्वेषक प्रतिभावान न्यूटन क्या कहते हैं। अपनी कृति "भौतिकी के गणितीय आधार" में वे लिखते हैं (समझने में आसानी हो, इसके लिये अवतरण का स्वतंत्र अनुवाद दिया जा रहा है):

"फेंका गया पत्थर गुरूत्व के प्रभाववश ग्रंपने ऋजु पथ से विचलित होता है ग्रीर वन्न रेखा निरूपित करता हुगा जमीन पर गिर जाता है। यदि पत्थर को ग्रंधिक वेग से फेंका जाये, तो वह ग्रीर बड़ा पथ तय करेगा; ग्रंतः यह भी संभव है कि वह दस मील का चाप निरूपित करे, सौ मील का, हजार मील का, ग्रादि। ग्रंत में यह भी संभव है कि वह पृथ्वी की सीमा से बाहर चला जायेगा ग्रीर कभी वापस नहीं लौटेगा।



चित्र 48. पर्वत-शिखर से क्षैतिज दिशा में फेंके गये पथर का गिरना; प्रक्षेपन-वेग बहुत ब्रधिक है।

माना कि AFB (चित्र 48) पृथ्वी की सतह है, C — उसका केंद्र और UD, UE, UF, UG ग्रादि वक रेखायें हैं, जो ग्रत्यंत ऊँचे पहाड़ की चोटी से क्षैतिज दिशा में कमश : ग्राधिक बड़े वेगों से फेंके गये पिंड द्वारा निरूपित होते हैं। हम वातावरण के प्रतिरोध को ध्यान में नहीं रख रहे हैं, ग्रर्थात् हम मान लेते हैं कि वातावरण है ही नहीं। यदि पिंड का ग्रारंभिक वेग कम है, तो उसका पथ UD होता है। ग्रीर ग्राधिक वेग होने पर उसका पथ UE हो जाता है। वेग के ग्रीर बढ़ने पर उसके पथ कमश: UF तथा UG

वक रेखायें होती हैं। एक विशेष वेग होने पर पिंड पृथ्वी की परिक्रमा करता हुआ पुनः उसी पहाड़ की चोटी पर पहुँच जायेगा, जहाँ से वह फेंका जाता है। चूँकि इस आरंभिक बिंदु पर पिंड का वेग उतना ही रहेगा, जितना पहले इस बिंदु पर था (अर्थात् जिस वेग से फेंका गया था), इसलिये वह आगे बढ़ जायेगा और पुनः इसी पुराने वक पर परिक्रमा शुरू कर देगा।"

श्चगर इस काल्पनिक पहाड़ की चोटी पर तोप होता, तो उससे एक विशेष वेग पर छोड़ा गया गोला कभी जमीन पर वापस नहीं गिरता; वह पृथ्वी की श्वविराम परिक्रमा करता रह जाता। पर्याप्त सरल कलनों द्वारा ज्ञात किया जा सकता है कि लगभग 8 km प्रति सेकेंड के वेग से फेंका गया गोला वापस नहीं श्वायेगा; पृथ्वी की परिक्रमा करने लगेगा। यज्ञ शब्दों में, ग्राठ किलोमीटर प्रति सेकेंड के वेग से फेंका गया गोला पृथ्वी की परिक्रमा करने लगेगा। वह विश्ववक के किसी भी बिंदु की तुलना में 17 गुना तेज गतिमान

 $<sup>^{1}</sup>$  दे. "मनोरंजक भौतिकी" भाग 1, ग्रध्याय 2।

होगा और हमारे ग्रह की एक पूरी परिक्रमा 1 घंटा 24 मिनट में किया करेगा। यदि गोले का वेग इससे ग्रधिक होगा, तो वह पृथ्वी की परिक्रमा वृत्ताकार पथ पर नहीं, बल्कि पृथ्वी से काफी दूर होते हुए लमड़े दीर्घवृत्तीय पथ पर करेगा। यदि वेग और बड़ा होगा, तो गोला हमेशा के लिये हमारे ग्रह से दूर बह्मांड में चला जायेगा। इसके लिये ग्रावश्यक है कि ग्रारंभिक वेग करीब 11 km प्रति सेकेंड का हो (ये सारी बातें उस स्थिति के लिये सत्य हैं, जब गोला शून्य व्योम में भ्रमण कर रहा होता है, हवा में नहीं)।

ग्रब देखें कि जूल देर्न द्वारा प्रस्तावित साधनों की सहायता से चंद्रमा तक की उड़ान संभव है या नहीं। ग्राधुनिक तोप भी ग्रपने गोले को प्रथम सेकेंड में  $2 \, \mathrm{km}$  से ग्रधिक का देग नहीं संप्रेषित कर पाते। चांद पर पहुँचने के लिये ग्रावश्यक देग से यह पाँच गुना कम है। उपन्यास के पात्र सोचते हैं कि यदि बहुत बड़े तोप में बारूद की बहुत बड़ी मात्रा भर कर गोला छोड़ा जाये, तो वह चांद तक पहुँचने के लिये ग्रावश्यक देग प्राप्त कर लेगा।

#### विराट तोप

तोप-क्लब के सदस्य चौथाई किलोमीटर लंबा तोप जमीन में उदग्र गाड़ देते हैं। इसके ग्रनुरूप ही एक बहुत बड़ा गोला बनाया जाता है, जो यात्रियों के लिये यान का काम करेगा। उसका भार 8 टन है। तोप में 160 टन बारूदी रूई (पाइरोक्सीलीन) भरी जाती है। यदि उपन्यासकार की बातों का विश्वास किया जाये, तो विस्फोट के फलस्वरूप गोले को 16 km/s का वेग मिलता है, जो हवा के घर्षण से कम हो कर 11 km/s का रह जाता है। इस प्रकार जूल वेर्न का गोला वातावरण की सीमा से निकलने के बाद ठीक इतना वेग रखता है कि चांद तक पहुँच जाये।

उपन्यास में यात्रा का वर्णन इसी प्रकार है। श्रब देखें कि भौतिकी इसके बारे में क्या कह सकती है।

जूल वेर्न की योजना उस जगह ढीली नहीं है, जहाँ पाठक श्रक्सर संदेह करते हैं। पहली बात तो यह है कि बारूद से काम करने वाले तोप गोले को 3 km/s से ग्रधिक का वेग नहीं दे सकते (यह मैंने ग्रपनी पुस्तक "ग्रंतर्ग्रही यात्रायें" में सिद्ध किया है)।

इसके म्रितिरिक्त जूल वेर्न ने हवा के प्रतिरोध का सही मूल्यांकन नहीं किया है। गोले के इतने बड़े वेग के लिये हवा का प्रतिरोध भी काफी बड़ा होगा — इतना बड़ा कि उड़ान की रूप-रेखा बदल कर कुछ दूसरी ही हो जाये। पर तोप के गोले में बैठ कर चंद्र-यात्रा की योजना के विरुद्ध कुछ गंभीर म्रापत्तियां भी हैं।

मुख्य खतरा यात्रियों को है। यह मत सोचें कि खतरा पृथ्वी से चांद तक की उड़ान में है। यदि वे तोप की नली से जीते-जागते निकल जायें, तो आगे की यात्रा में उन्हें किसी बात का डर नहीं होना चाहिये। वह विशाल वेग, जिससे यात्री अंतरिक्ष में उड़ेंगे, उनके लिये बिल्कुल नुकसानदेह नहीं होगा। आखिर पृथ्वीवासी इससे कहीं अधिक वेग से सूर्य का चक्कर लगाते हैं!

#### भारी-भरकम टोप

यात्रियों के लिये सबसे खतरनाक समय एक सेकेंड के कुछ शतांश भर हैं, जब गोला तोप की नली में भ्रमण करता है। इस क्षुद्र अंतराल में यात्रियों का वेग शुन्य से 16 km/s तक बढ़ जायेगा! उपन्यास में यात्रीगण तोप दागने के क्षण का इंतजार करते वक्त यूँ ही नहीं घबड़ा रहे थे। बार्बीकेन बिल्कुल सच कह रहा था कि जिस समय तोप से गोला छूटेगा, उसमें बैठे यात्रियों के लिये उतना ही खतरा रहेगा, जितना गोले से बाहर उसके रास्ते में पड़े आदमी को। जिस क्षण तोप छूटेगा, यान का फर्श यात्रियों को उसी बल से धक्का देगा, जिससे तोप का गोला अपने पथ पर पड़े किसी भी दूसरे पिंड को धक्का देगा। उपन्यास के पात्रों ने इस खतरे को कोई खास महत्व नहीं दिया। उन्होंने सोचा कि ज्यादा से ज्यादा बेहोश हो जायेंगे...

पर स्थिति कहीं ग्रधिक गंभीर है। नली में गोला त्वरित गित से चलता है। उसका वेग विस्फोट से उत्पन्न गैसों के दबाव से निरंतर बढ़ता ही रहता है। सेकेंड के क्षुद्रांश में उसका वेग शून्य से बढ़ कर 16 km/s हो जाता है। यदि प्रश्न को सरल बनाने के लिये मान लें कि वेगवृद्धि समरूप है, तो इस नन्हें ग्रंतराल में गोले के वेग को 16 km/s तक पहुँचाने के लिये ग्रावश्यक त्वरण होगा 600 km/s 2 (कलन ग्रागे पृ. 104-106 पर देखें)।

इस संख्यात्मक मान का महत्व समझने के लिये स्मरण करें कि पृथ्वी-तल पर गुरुत्व-बल से प्राप्त त्वरण साधारणत: प्रति सेकेंड 10 m प्रति सेकेंड होता है। इससे निष्कर्ष निकलता है कि तोप दागने के क्षण गोले के भीतर की हर वस्तु फर्ण पर ग्रपने भार से 60 000 गुना ग्रधिक दबाव डालेगी। दूसरे शब्दों में: यात्रियों को लगेगा कि वे दिसयों हजार गुना ग्रधिक भारी हो गये हैं। इतने बड़े भार से दब कर वे क्षण भर में पिचक जायेंगे। तोप दागने के क्षण बार्बीकेन के टोप का भार 15 टन से कम नहीं होगा। यह सामान से भरे मालगाड़ी के डब्वे का भार है। ऐसा टोप ग्रपने मालिक का जान लेने के लिये काफी है।

वैसे, उपन्यास में यह भी बताया गया है कि उक्त चोट से बचने के लिये कुछ कदम उठाये गये थे: गोले में कमानीदार प्रत्याघाती ( प्राघात सह ) लगे हुए थे; गोले के दो पेंदे थे, जिनके बीच पानी भरा हुग्रा था, ग्रादि। इससे चोट की मियाद थोड़ी लंबी हो जाती ग्रीर इसीलिये वेगवृद्धि की क्षिप्रता कुछ कम पड़ जाती। पर जिन विशाल बलों की यहाँ बात चल रही है, उनके सामने इन उपायों से प्राप्त लाभ नगण्य ही माना जायेगा। यात्रियों को पिचकाने वाला बल क्षुद्रांश भर ही कम होगा। ग्राप 15 टन भारी टोप से – ग्रंतर विशेष बड़ा नहीं होगा!

#### चोट कम करने का उपाय

वेगवृद्धि की खतरनाक क्षिप्रता कम कैसे की जाये, इसका उपाय यांत्रिकी से ज्ञात होता है। इसके लिये तोप की नली को कई गुना ग्रधिक लंबा करना होगा।

यदि हम चाहते हैं कि तोप दगने के क्षण गोले में "कृतिम" गुरूत्व का बल पृथ्वी के गुरूत्व बल के बराबर हो, तो तोप की नली को बहुत लंबा करना पड़ेगा। समीपवर्ती कलन के ब्राधार पर कहा जा सकता है कि

 $<sup>^1</sup>$  यह भी बता दूँ कि भोटर-रेस की गाड़ी जब तेजी से अपना वेग बढ़ाती है, उसका त्वरण  $2-3~m/s^2$  से अधिक नहीं होता और स्टेशन से चलते वक्त ट्रेन का त्वरण  $1~m/s^2$  होता है।

इसके लिये तोप की लंबाई 6000 km होनी चाहिये; इससे न ज्यादा, न कम। अन्य शब्दों में, तोप को पृथ्वी के केंद्र तक गहरा गड़ा होना चाहिये। सिर्फ तभी यात्री पिचकने के खतरे से बच सकेंगे: उनके अपने भार में मंद वेगवृद्धि के फलस्वरूप प्रतीत होने वाला उतना ही और भार जुड़ जायेगा और वे अपने को दुगुना भारी महसूस करेंगे।

वैसे, कम समय के लिये मानवशरीर कई गुनी भार-वृद्धि सहन कर सकता है। बर्फील टीले से स्लेज के सहारे फिसलते वक्त जब हम गित की दिशा बदलते हैं, क्षण भर को हमारा भार बढ़ जाता है, ग्रर्थात् हमारा शरीर स्लेज को ग्रधिक बल से दबाता है। भार में तिगुनी वृद्धि हम काफी ग्राराम से सहन कर लेते हैं। यदि मान लें कि एकाध क्षण के दरम्यान ग्रादमी भार में दस गुनी वृद्धि भी सहन कर ले सकता है, तो तोप की नली सिर्फ 600km लंबी करनी होगी। लेकिन इससे कोई ग्रधिक लाभ नहीं होगा। ग्राधुनिक तकनीकी ज्ञान इतना लंबा तोप नहीं बना सकता।

ये ही हैं वे परिस्थितियां, जिनमें जूल वेर्न की चंद्र-यात्ना की योजना सफल हो सकती है।  $^{1}$ 

#### गणित-प्रेमियों के लिये

हमारे पाठकों के बीच निस्संदेह ऐसे भी होंगे, जो उपरोक्त कलनों की जाँच करना चाहेंगे। यहाँ वे कलन सिवस्तार दिये जा रहे हैं। पर वे समीपवर्ती हैं, क्योंकि हम मान कर चल रहे हैं कि तोप की नली में गोले की वेगवृद्धि समरूप है (यथार्थ में वेग की वृद्धि ग्रसमान रूप से होती है)। कलन में समरूप त्वरित गित के निम्न दो सूत्रों का उपयोग हुग्ना है:

¹ उपन्यास में गोले के भीतर की जिंदगी का वर्णन करते वक्त जूल वेर्न ने एक महत्त्वपूर्ण भूल की है, जिसके बारे में "मनोरंजक भौतिकी" के प्रथम भाग में कहा जा चुका है। याद दिला दें कि उपन्यासकार ने इस बात पर बिल्कुल ही ध्यान नहीं दिया कि तोप दागने के बाद पूरे उड़ानकाल में गोले के भीतर सभी वस्तुएं बिल्कुल भारहीन रहेंगी, क्योंकि गुरूत्व-बल गोले और उसके भीतर की सभी वस्तुओं को समान त्वरण संप्रेषित करता है (म्रागे भी देखें शीर्षक "जूल वेर्न के उपन्यास में म्रालिखित म्रध्याय")।

t-वां सेकेंड बीतने पर वेग v बराबर होगा at के, जहाँ a स्वरण है: v=at.

t सेकेंड में तय किया गया पथ S ज्ञात करने का सूत्र है  $S = at^2/2$ 

पहले इन सूत्रों की सहायता से तोप की नली में गोले का त्वरण ज्ञात करते हैं।

उपन्यास से ज्ञात है कि नली का वह भाग, जो बारूद से नहीं भरा गया है,  $210 \, \mathrm{m}$  लंबा है। नली में गोले के पथ की लंबाई S यही है।

पथ के ग्रंत में गोले का वेग हमें ज्ञात है: v = 16000 m/s। S व v की सहायता से t ज्ञात करते हैं। यह नली में गोले की गित का समय है (गित को समरूप त्वरित माना जा रहा है)। समीकरणों का उपयोग करे:

$$v=at=16000$$
,  $210=S=\frac{at\cdot t}{2}=\frac{16000\ t}{2}=8000\ t$ ,  $t=\frac{210}{8000}=$  करीब  $\frac{1}{40}$  सेकेंड।

मतलब कि गोला नली का पथ 1/40 सेकेंड में तय करता है! सूत्र v=at में t=1/40 रखने पर:

$$16000 = \frac{1}{40} a$$
, स्रत:  $a = 640000 \text{ m/s}^2$ .

श्राप देखते हैं कि नली में गोले का त्वरण  $640000 \text{ m/s}^2$  के बराबर है। यह गुरूत्व-बल के त्वरण से 64000 गुना श्रधिक है।

नली की लंबाई कितनी रखी जाये कि उसमें गोले का त्वरण किसी स्वतंत्र गिरते हुए पिंड के त्वरण से सिर्फ 10 गुना ग्रधिक हो (ग्रर्थात्  $100~\mathrm{m/s}^2$  के बराबर हो )?

यह उस प्रश्न का ठीक उल्टा है, जिसे हम श्रभी-श्रभी हल कर चुके हैं। प्रदत्त मान हैं:  $a=100~\mathrm{m/s^2}$ ,  $v=11000~\mathrm{m/s}$  (वातावरण के प्रतिरोध की श्रनुपस्थिति में यह वेग पर्याप्त रहेगा)।

सूत्र v=at से 11000=100 t, अत: t=110 s.

सूत्र  $S = at^2/2 = at \cdot t/2$ से तोप की म्रावश्यक लंबाई ज्ञात होती है  $\frac{11000 \cdot 110}{2} = 605000 \text{ m}$ 

ग्रर्थात् लगभग 600 km.

ग्राप देखते हैं कि इन कलनों से प्राप्त सांख्यिक मान जूल वेर्न की लुभावनी योजना को बिल्कुल ग्रन्थावहारिक सिद्ध कर देते हैं।  $^1$ 

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> इस म्रध्याय में बतायी गयी सभी बातें सिद्धांततः सही हैं। म्रंतरिक्षी उड़ान की समस्याम्रों के व्यावहारिक हल विज्ञान की भ्रद्यतन पुस्तकों में प्राप्त हो सकते हैं। – संपादक।

# गैस ऋौर द्रव के गुण

# समुद्र, जिसमें डूबते नहीं

इस तरह का सागर उस देश में है, जिसे मानव-जाति प्राचीन काल से जानती है। यह पालेस्तीन का मृत सागर है। इसका पानी इतना खारा है कि इसमें कोई जीवित प्राणी नहीं रह सकता। पालेस्तीन में वर्षा बहुत कम होती है और वहाँ की जलवायु भ्रत्यंत गर्म है, भ्रतः वहाँ पानी का वाष्पीकरण बहुत तेजी से होता रहता है। वाष्पीकरण से सिर्फ पानी ही उड़ता है, लवण सागर में रह जाते हैं। यही कारण है कि क्यों मृत सागर का खारापन बढ़ता जा रहा है। मृत सागर के पानी में भ्रन्य सागरों की भांति लवणों की मान्ना भारानुसार 2 या 3 प्रतिशत नहीं, बल्क 27 प्रतिशत है। गहराई में लवण की मान्ना बढ़ती जाती है। इस प्रकार, मृत सागर के पानी में चौथाई श्रंश लवणों का है। लवणों की पूरी मान्ना इस सागर में कोई 40 मिलियन टन भांकी गयी है।

अ्रत्यधिक खारेपन के कारण मृत सागर में एक विशेषता ग्रा गयी है: इसका पानी अन्य सागरों के जल से अधिक भारी है; इतना भारी कि इसमें आदमी डूबता नहीं है। आदमी का शरीर इसके पानी से हल्का है।

हमारे शरीर का भार तुल्य म्रायतन के घोर नमकीन पानी के भार से काफी हल्का है, इसीलिये प्लवन नियम के म्रनुसार म्रादमी मृत सागर में नहीं डूबता; उसके पानी में वह वैसे ही तैर कर ऊपर म्रा जाता है, जैसे नमकीन पानी में मुर्गी का म्रंडा (जो मीठे पानी में डूब जाता है)।

व्यंग्यकार मार्क ट्वेन इस विशाल झील के भारी पानी में नहाने के ग्रनुभवों का बड़ा ही रोचक व सविस्तार वर्णन करते हैं:

"स्नान बेहद मजेदार था! हम डूबते नहीं थे। डुबकी लगाना भी मुश्किल था। यहाँ ग्राप हाथ वक्ष पर रख कर पानी पर पीठ के बल लंबे लेट जा सकते हैं; ग्रापके शरीर का ग्रधिकतर भाग पानी के ऊपर रहेगा। इस



चित्र 49. मृत सागर की सतह पर ब्रादमी (फोटोचित्र से)।

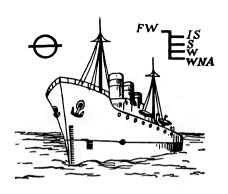
स्थित में ग्राप सिर ऊपर भी उठा सकते हैं...। ग्राप घुटनों को ठुडडी तक मोड़ कर उन्हें हाथों से पकड़े हुए भी लेट सकते हैं; पर जल्द ही ग्राप उलट जायेंगे, क्योंकि सर ग्रधिक भारी होता है। ग्राप सर के बल खड़े हो सकते हैं—वक्ष के मध्य से पैरों तक ग्राप पानी के ऊपर रहेंगे। पर इस स्थित में ग्राप काफी देर तक नहीं टिके रह सकते। ग्राप पीठ के बल लेटे हुए तैर कर दूर नहीं जा सकते, क्योंकि ग्रापका पैर पानी से ऊपर रहता है। पानी को धक्का सिर्फ तलवों से देना पड़ता है। यदि ग्राप पट हो कर तैरते हैं, तो ग्रागे बढने की बजाय पीछे खिसकने लगते हैं। घोड़ा मृत सागर में न तो खड़ा रह सकता है, न तैर सकता है—वह करवट के बल लेट जाता है।"

चित्र 49 में म्राप एक म्रादमी को देख रहे हैं, जो मृत सागर की सतह पर म्राराम से लेटा हुम्रा हैं। पानी के उच्च विशिष्ट भार के कारण ही वह इस स्थिति में किताब पढ़ पा रहा है। प्रचंड सूर्य-किरणों से बचने के लिये छाता भी वह इसी कारणवश रख सकता है।

ऐसा ही असाधारण गुण कास्पियन सागर की खाड़ी कारा-बोगाज-कोला <sup>1</sup> श्रीर एल्तन झील के नमकीन पानी में है। एल्तन के पानी में लवणों की मात्रा 27 प्रतिशत है।

कुछ ऐसा ही ग्रनुभव उन लोगों को होता हैं, जिन्हें डाक्टर की सलाह

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> कारा-बोगाज-गोला के पानी का विशिष्ट भार 1.18 है। उसके एक ग्रध्ययनकर्ता लिखते हैं कि "इसमें बिना किसी कठिनाई के तैरा जा सकता है ग्रौर श्राकेंमेडिस के नियम का उल्लंघन किये बगैर इसमें डूबना नामुमिकन है"।



चित्र 50. जहाज के पार्श्व पर बोझ-चिह्ना। चिह्न जल-स्तर पर बनाया जाता है। स्पष्टता के लिये उसे ग्रलग से बड़ा कर के दिखाया गया है। ग्रक्षरों का ग्रर्थ पुस्तक में देखें।

पर नमकीन पानी के टब में स्नान करना पड़ता है। यदि पानी में काफी अधिक लवण हैं, जैसा कि स्तारोरूस के खिनज जलों में होता है, तो बीमार व्यक्ति को टब में अपना शरीर डुबाये रखने के लिये काफी शक्ति लगानी पड़ती है। स्ताराया रूस्सा में चिकित्साधीन एक औरत की शिकायत थी कि पानी "उसे टब से बिल्कुल बाहर धकेल देता है"। वह आर्कमेडिस के नियम को नहीं, चिकित्सागृह के प्रबंधक को दोषी ठहराना चाहती थी।

भिन्न समुद्रों में पानी का खारापन भी भिन्न होता है श्रौर इसीलिये उनमें जहाज का निचला भाग भिन्न ऊँचाइयों तक डूबता है। कुछ पाठकों ने बंदरगाहों पर खड़े जहाज की जलरेखा के समीप तथाकथित "लायड चिह्न" श्रंकित देखा होगा। यह चिह्न बताता है कि किस घनत्व वाले पानी में जहाज का निचला भाग कितना डूबेगा। चित्र 50 में दर्शित बोझ-चिह्न महत्तम जलरेखा का स्तर बताता है:

| मीठे  | पानी  | में   | (Fresc   | h '  | Water) |      |     |    |      | FW   |
|-------|-------|-------|----------|------|--------|------|-----|----|------|------|
| हिंद  | महासा | गर    | में (In  | dia  | Sumn   | ner) |     |    | <br> | IS   |
| खारे  | पानी  | में   | गर्मियों | में  | (Sum   | mer  | ) . |    |      | . S  |
| खारे  | पानी  | में   | जाड़ा    | (W   | inter) |      |     |    | <br> | W    |
| जाड़े | में   | उ     | त्तरी    | ग्रट | नांटिक | Ŧ    | हास | गर | (Wi  | nter |
| Nort  | h A   | tlant | ik) .    |      |        |      |     |    | . W  | ΝA   |

हमारे यहाँ जहाजों में यह चिह्न लगाना 1909 ई. से अनिवार्य किया गया है।

ग्रंत में एक ग्रौर बात स्पष्ट कर देना चाहुँगा कि पानी का एक प्रकार है, जो ग्रपने शुद्ध रूप में भी साधारण पानी से भारी होता है। उसका विशिष्ट भार 1.1 है, ग्रर्थात् वह साधारण पानी से 10% श्रधिक भारी है। ऐसे पानी से भरे तालाब में तैरना नहीं जानने वाला व्यक्ति भी नहीं हूबेगा। इस पानी को "भारी" नाम से पुकारा गया है। इसका रासायनिक सूत्र  $D_2$ 0 है (यह पानी ऐसे हाइड्रोजन से बनता है, जो साधारण हाइ-ड्रोजन से दुगुना भारी होता है; इसे D से द्योतित करते हैं)। "भारी" पानी साधारण पानी में भी होता है – एक बाल्टी साधारण पानी में करीब  $8\,\mathrm{g}$ ।

 $D_2$ 0 संरचना वाले भारी पानी (भारी पानी की विभिन्न संरचनाग्रों की संख्या भी सतरह है) को स्राजकल लगभग शुद्ध रूप में प्राप्त किया जा सकता है: इसमें साधारण पानी सिर्फ 0.05% होगा।  $^1$ 

## हिम-भंजक कैसे काम करता है?

पानी से भरे टब में स्नान करते वक्त एक प्रयोग करें। टब से निकलने के पहले उसके तल पर लेटे रिहये ग्रौर पानी निकलने का छेद खोल दीजिये। जैसे-जैसे पानी निकलता जायेगा, ग्रापका शरीर पानी से ऊपर निकलना शुरू कर देगा ग्रौर ग्राप महसूस करेंगे कि ग्रापका शरीर ग्रधिक भारी होता जा रहा है। ग्रापको विश्वास हो जायेगा कि पानी में खोया हुग्रा भार (स्मरण करें कि टब में ग्राप ग्रपने को कितना हल्का महसूस करते हैं) पुनः वापस ग्रा जाता है, जब ग्रापका शरीर पानी से बाहर निकल ग्राता है।

जब व्हेल मछली ज्वार-भाटे के साथ छीछले स्थान पर ग्राकर श्रनजाने में इस तरह का प्रयोग कर बैठती है, तो उसे प्राण गँवाने पड़ते हैं: वह

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> भारी पानी का विस्तृत उपयोग परमाण्विक तकनीकी में ग्रौर खास कर परमाण्विक रिएक्टर में होता है। उसे साधारण पानी से ही ग्रौद्योगिक विधियों द्वारा प्राप्त किया जाता है। – संपादक।

ग्रपने ही भार से कुचल जाती है। इसीलिये तो व्हेल पानी में रहती है: वहाँ द्रव का उत्प्लावक बल गुरूत्व-बल के घातक प्रभाव से उसकी रक्षा करता है।

जो कुछ यहाँ कहा गया है, इस लेख के शीर्षक के साथ उसका निकटतम संबंध है। हिम-भंजक का कार्य इसी भौतिक संवृत्ति पर ग्राधारित है: पानी से बाहर निकाला गया जहाज का भाग पानी के उल्प्लावक बल से संतुलित नहीं रहता है ग्रौर ग्रपना "थलीय" भार प्राप्त कर लेता है। यह मत सोचें कि हिम-भंजक चलता हुग्रा ग्रपने ग्रग्र-भाग के दबाव से बर्फ की परत काटता रहता है। इस तरह से काम करता है हिम-भंजक नहीं, हिम-कर्तक। यह विधि तभी काम ग्राती है, जब बर्फ की परत ग्रधिक मोटी नहीं होती है।

"कासीन" श्रौर "येरमाक" जैसे असली समुद्री हिम-भंजक कुछ दूसरी तरह से काम करते हैं। शक्तिशाली मशीन की सहायता से हिम-भंजक ग्रपना अग्र-भाग बर्फ की सतह पर धकेल कर चढ़ा देता है। उसका अग्र-भाग इसी-लिये तिरछा बनाया जाता है। पानी से बाहर आकर हिम-भंजक का श्रग्र-भाग अपना वास्तविक भार प्राप्त कर लेता है और यह इतना अधिक होता है ("येरमाक" का ग्रग्र-भाग 800 टन भारी था) कि बर्फ को पीस कर रख देता है। इस प्रभाव को और शक्तिशाली बनाने के लिये अग्र-भाग के पीपों में पानी भर दिया जाता है, जो "द्रव-गिट्टी" का काम करता है।

हिम-भंजक इस तरह से तब काम करता है, जब बर्फ की परत म्राधे मीटर से म्रधिक मोटी नहीं होती। इससे म्रधिक मोटी परत जहाज के चोट से तोड़ी जाती है। हिम-भंजक थोड़ा पीछे हटता है म्रौर फिर म्रागे बढ़ता हुम्मा म्रपने पूरे द्रव्यमान से बर्फ पर टक्कर मारता है। इस स्थिति में जहाज का भार नहीं, उसकी गतिज ऊर्जा काम म्राती है; जहाज तोप के गोले सा काम करता है, जिसका बेग तो म्रधिक नहीं होता, पर द्रव्यमान बहुत बड़ा होता है।

यदि बर्फ का टीला कई मीटर ऊँचा होता है, तो हिम-भंजक को कई बार टक्कर मारनी पड़ती है। इसके लिये उसका ग्रग्न-भाग बहुत मजबूत बनाना पडता है।

1392 ई. में संगठित "सिबिरिकोव" के विख्यात ग्रिभियान के एक सदस्य नि. मार्कोव इस हिम-भंजक के कार्य का वर्णन निम्न शब्दों में करते हैं:

"सिबिरिकोव" ने सैंकड़ों बर्फीली चट्टानों ग्रौर बर्फ की मोटी एकाश्म

परतों के बीच ग्रपना संघर्ष ग्रारंभ किया। लागातार बावन घंटों तक मशीनी टेलीग्राफ की सुई "पीछे हटो" से "ग्रागे बढ़ो" पर छलांग लगाती रही। बावन घंटों तक "सिबिरिकोव" टक्कर मार-मार कर बर्फ को तोड़ता रहा। बर्फ की तीन चौथाई मीटर मोटी परत जहाज को बहुत किटनाई से ग्रागे बढ़ने दे रही थी। हर टक्कर से जहाज ग्रपनी लंबाई की एक तिहाई दूरी तय करता था।"

दुनिया के सबसे बड़े व शक्तिशाली हिम-भंजक सोवियत संघ के पास हैं।

# डूबे हुए जहाज कहां है?

एक प्रचलित घारणा है (बहुत से समुद्री नाविक भी यही सोचते हैं) कि सागर में डूबे हुए जहाज सागर के तल तक नहीं पहुँचते; वे बीच में ही किसी विशेष गहराई पर लटके होते हैं, जहाँ "पानी ऊपर की परतों के दबाब से ग्रधिक घना हो जाता है"।

"पानीं में 20 हजार ली नीचे" के लेखक का भी शायद यही खयाल था। इस उपन्यास के एक अध्याय में जूल वेर्न पानी में डूब कर लटके हुए एक जहाज का वर्णन करते हैं। इसी उपन्यास के एक अन्य अध्याय में वे "पानी में स्वतंत्र लटके हुए डूबे जहाजों" की याद दिलाते हैं।

क्या इस तरह के कथन सही हैं?

इसके लिये कुछ ब्राधार तो है ही। सागर की गहराइयों में पानी का दबाव बहुत ज्यादा होता है। 10 मीटर की गहराई में डूबे पिंड के प्रति वर्ग सेंटीमीटर पर पानी  $1\,\mathrm{kg}$  का दबाव डालता है। 20 मीटर की गहराई पर यह दबाव  $2\,\mathrm{kg}$  के बराबर हो जाता है,  $100\,\mathrm{m}$  की गहराई पर  $-10\,\mathrm{kg}$  ब्रौर  $1000\,\mathrm{m}$  की गहराई पर  $-100\,\mathrm{kg}$  के बराबर। लेकिन ब्रनेक स्थानों पर सागर की गहराई कई किलोमीटर की होती है। ये गहराइयां  $11\,\mathrm{km}$  से भी ब्रधिक की हो सकती हैं (जैसे मैरियन दरार में )। ब्राप ब्रासानी से कलन कर सकते हैं कि इतनी गहराई में डूबी वस्तु पर पानी का दबाव कितना होगा।

यदि खाली बोतल को डाट से बंद कर के काफी गहराई में रखा जायें, तो पानी दबाव के साथ डाट को धकेल कर भीतर घुस ग्रायेगा। विख्यात सामुद्रविद जोन मेरी ग्रपनी पुस्तक "महासागर" में निम्न प्रयोग का वर्णन करते है: भिन्न नाप वाली शीशे की तीन निलयां ली गयीं। उनके दोनों सिरों को झलैया (वेल्डिंग) से बंद कर के उन्हें एक कपड़े से लपेट दिया गया श्रीर तांबे के खोखले बेलन में रख कर 5 km की गहराई पर उतारा गया। बेलन में इस तरह से छिद्र बने थे कि पानी उसमें स्वतंव्रतापूर्वक प्रविष्ट हो सके। जब उसे वापस निकाला गया, कपड़े में बर्फ के चूरन सा कोई पदार्थ भरा हुग्रा था। यह शीशे का चूरन था। लकड़ी के टुकडे को इतनी गहराई पर रखने से वह इतना दब जाता है कि पानी में ईट के समान इबने की विशेषता प्राप्त कर लेता है।

उक्त तथ्यों के म्राधार पर यह म्राशा करना बिल्कुल स्वाभाविक होगा कि बड़ी गहराइयों पर म्रत्यधिक दबाव के कारण पानी इतना घना हो जाता है कि उसमें भारी वस्तुएं भी नहीं डूबतीं। स्मरण करें कि पारे में लोहे की वस्तु नहीं डूबती, क्योंकि पारे का घनत्व काफी म्रधिक होता है।

पर इस तरह के विचार बिल्कुल निराधार हैं। प्रयोगों से ज्ञात होता है कि ग्रन्य सभी द्रवों के समान पानी भी बहुत मुश्किल से संकुचित होता है। प्रति cm² पर 1 kg का दबाव डालने पर पानी में संकोचन उसके ग्रायतन के 1/22 000 वें ग्रंश के बराबर होता है। दबाव बढ़ाने पर प्रति किलोग्राम के लिये संकोचन-दर लगभग यही रहता है। यदि ग्राप पानी का घनत्व इतना बढ़ाना चाहते हैं कि उसमें लोहा तैरने लगे, तो ग्रापको उसे 8 गुना ग्रधिक घना करना पड़ेगा। पर उसे सिर्फ दुगुना घना करने के लिये, ग्रर्थात्. उसके ग्रायतन को ग्राधा करने के लिये प्रति वर्ग सेंटीमीटर पर 11000 kg का दबाव चाहिये (यदि इतने बड़े दबाव के लिये उपरोक्त संकोचन दर सही हो)। इसके लिये ग्रापको सागर में 110 km गहरे स्थान की खोज करनी होगी।

इससे स्पष्ट हो जाता है कि सागर की गहराइयों में पानी के कुछ विशेष घना होने की बात करना बेकार है। सबसे गहरे स्थान पर पानी का घनापन सिर्फ 1100/22000, ग्रर्थात् 1/20 भाग ही ग्रिधिक होता है। यह पानी के साधारण घनत्व से 5% ग्रिधिक होगा।  $^1$  यह ग्रंतर भिन्न

 $<sup>^1</sup>$  स्रंग्रेज भौतिकविद थेट ने हिसाब लगाया कि यदि पार्थिव गुरूत्वाकर्षण समाप्त हो जाये स्रौर पानी भारहीन हो जाये, तो सागरों में जल-स्तर स्रौसतन  $35 \ \mathrm{m}$  ऊँचा उठ स्रायेगा (क्योंकि भार से दबा पानी स्रपना यथार्थ

पिंडों के प्लवन पर कोई प्रभाव नहीं डाल सकता। इसके मतिरिक्त, ऐसे पानी में ठोस वस्तुएं भी तो दब कर कुछ म्रधिक घनी हो जायेंगी।

इसिलिये इसमें शक नहीं है कि डूबे हुए जहाज सागर के तल पर ही होते हैं। मेरी लिखते हैं: "जो वस्तु गिलास के पानी में डूब सकती है, वह गहरे से गहरे सागर में भी डूबेगी और उसके तल को अपना विश्राम-स्थल बनायेगी।"

इस बात को काटने के लिये अक्सर यह तर्क सुनने में आता है: गिलास को आँधा कर के सावधानी से पानी में डुबाया जाये, तो वह इसी स्थिति में टिका रह सकता है, क्योंकि उसके द्वारा विस्थापित पानी का भार उसके भार के तुल्य होता है। धातु का अधिक भारी गिलास यह स्थिति बिना तल पर गये जल-स्तर से कुछ नीचे प्राप्त कर सकता है। आँधा जहाज भी डूबते वक्त इसी तरह आधे रास्ते में रूक जा सकता है। यदि जहाज के भीतरी भाग में कहीं हवा अच्छी तरह से कैंद रह गयी हो, तो जहाज एक विशेष गहराई पर रूक जायेगा।

ग्रींघी स्थिति में भ्रनेक जहाज डूबते हैं ग्रीर बिल्कुल संभव है कि उनमें से कुछेक तल तक नहीं पहुँचते; सागर की ग्रंधियारी गहराइयों में कहीं लटके रह जाते हैं। ऐसे जहाज के लिये हल्का सा धक्का काफी रहेगा कि उसका संतुलन बिगाड़ दिया जाये ग्रीर उसे थोड़ा उलट कर उसमें पानी भर दिया जाये। वह ग्राराम से तल पर पहुँच जायेगा। पर सागर की गहराई में कहाँ से धक्का मिल सकता हैं? वहाँ हमेशा शांति रहती है ग्रीर पानी की सतह पर ग्राये तुफानों की भी खबर वहाँ नहीं पहुँचती।

ये सब तर्क एक गलती पर भ्राधारित हैं। श्रोंधा गिलास स्वयं नहीं सूबता; उसे लकड़ी के टुकडे या बंद खाली बोतल की तरह वाद्य बल की सहायता से डुबाना पड़ता है। यदि जहाज डूबते वक्त भींधा हो जाता है श्रीर उसमें कहीं बंद हवा रह जाती है, तो वह डूबेगा ही नहीं। वह तल भीर सतह के बीच किसी भी हालत में डूबा नहीं रह सकता।

भ्रायतन ग्रहण करने को मुक्त हो जायेगा)। "सागर  $5000\,000\,\mathrm{km}^2$  थल को डुबा देगा, जो पानी के दबे होने के कारण ही सागर-स्तर से ऊपर रहता है।" (बेर्जे)

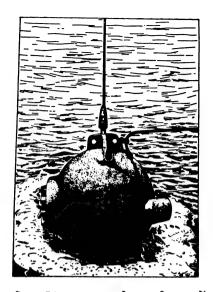
# जूल वेनं झौर वेल्स के सपने कैसे साकार हुए

हमारे समय की वास्तिवक पनडुब्बियां कुछ बातों में जूल वेर्न की काल्पिनक "नौटिलुस" से कहीं बढ़-चढ़ कर हैं। ग्राधुनिक पनडुब्बियों की चाल "नौटिलुस" की चाल से दुगुनी धीमी है: सिर्फ 24 नॉट, जबिक "नौटिलुस" की चाल 50 नॉट थी (एक नॉट है करीब 1.8 m/h)। सबसे लंबी याद्रा पर चली ग्राधुनिक पनडुब्बी पृथ्वी का एक चक्कर लगाती है। कैप्टेन नेमा की पनडुब्बी ने इससे दुगुना रास्ता तय किया था। पर "नौटिलुस" की जलविस्थापन क्षमता सिर्फ 1500 टन थी ग्रौर उसमें करीब बीस-तीस व्यक्ति ही सफर कर सकते थे। यह पनडुब्बी 8 घंटे से ग्रिधिक लगातार पानी के नीचे नहीं रह सकती थी। 1929 ई. में निर्मित-फांसीसी पनडुब्बी "सुर्कुफ" की विस्थापन क्षमता 3200 टन थी। उसमें करीब डेढ़ सौ ग्रादमी थे ग्रौर वह एक सौ बीस घंटे से ग्रिधक समय तक लागातार पानी के नीचे रह सकती थी।

फांस से मडागास्कर द्वीप तक की याता के दरम्यान यह पनडुब्बी एक बार भी पानी से बाहर नहीं म्रायी। "सुकुंफ" "नौटिलुस" से कम म्रारा-मदेह नहीं था। "सुकुंफ" के ऊपरी डेक पर एक टोही जलविमान के लिये गैरेज भी था, जिसमें पानी नहीं घुस सकता था। कैंग्टेन नेमा के पास समय-समय पर म्रास-पास की टोह लेने के लिये कोई साधान नहीं था। जूल वेर्न के "नौटिलुस" में पानी से ऊपर देखने के लिये पेरिस्कोप भी नहीं था।

वास्तविक पनडुब्बियां सिर्फ एक बात में फ्रांसीसी उपन्यासकार की काल्पनिक पनडुब्बी से लोहा नहीं ले सकतीं। "नौटिलुस" काफी गहराई में तैर सकती थी, पर वास्तविक पनडुब्बियां नहीं। लेकिन इस बात में जूल वेर्न की कल्पना सत्य से बहुत दूर है। "कैंप्टेन नेमा, — उपन्यास में

¹ म्राधुनिक पनडुब्बियां परमाणु-शक्ति से चलती हैं, म्रतः उनमें उर्जा का भंडार व्यावहारिकतः म्रक्षय माना जा सकता है। इसीलिये मनुष्य सागर-तल के म्रज्ञात स्थलों का निरीक्षण करने के लिये लंबा से लंबा कोई भी पथ चुन सकता है। उदाहरणार्थ, 1958 ई. में (22 जुलाई से 5 म्रगस्त तक) परमाणु-चालित म्रमरीकी पनडुब्बी "नौटिलुस" ने उत्तरी ध्रुव के पास ग्रीनलैंड सागर से बेरिंग सागर तक जलगत यात्रा पूरी की।—संपादक।



चित्र 51. सागर की गहरी परतों में उतरने के लिये इस्पात का गोलाकार उपकरण "प्लावर्तुल" (बैथी-स्फेयर)। इस उपकरण में विलियम बीब 1936 ई. में 923 m की गहराई में उतरे थे। गोले की दीवारे करीब 4 cm मोटी हैं। उसका व्यास 1.5m है और भार 2.5 टन।

एक जगह लिखा है, - तीन से दस हजार मीटर की गहराई में उतर सकते थे।" ग्रौर एक बार "नौटिलुस" 16 हजार मीटर की गहराई में उतर भ्राया। यह कल्प-नातीत घटना थी। उपन्यास का मख्य पात्र ग्रपनी कहानी कहता है: "मैं साफ महसूस कर रहा था कि पनडुब्बी की बाहरी सतह पर चंदरों के जोड़ कसक रहे हैं ग्रौर खिडिकयां पानी के दबाव से भीतर की स्रोर नम रही हैं। यदि हमारा जहाज ढलैया से बने एकाश्म पिंड जैसा मजबूत नहीं होता, तो इतने बडे दबाव से पिचक कर रोटी जैसा हो जाता।"

डरने की बात जरूर थी। क्योंकि 16 km की गहराई पर (यदि सागर में ऐसे गहरे स्थान हैं) पानी का दबाव होगा:

 $16000:10 = 1600 \text{ kg/cm}^2$ 

या 1600 तकनीकी वातदबाव। ऐसा दबाव लोहे को पीस तो नहीं सकता, पर जहाज की बनावट जरूर बिगाड़ देगा। पर ग्राधुनिक सामुद्र (समुद्र विज्ञान) को ऐसे गहरे स्थल ज्ञात नहीं हैं। जूल वेर्न के जमाने में (उपन्यास 1869 में लिखा गया था) सागर की गहराइयों के प्रति लोगों के खयाल गलत थे, क्योंकि उसे नापने की शुद्ध विधियां नहीं थीं। उस समय गहराई नापने के लिये तार का नहीं सन की रस्सी का उपयोग होता था। तब लंगर जितना ही गहरा जाता था, रस्सी के साथ पानी का

घर्षण भी उतना ही म्रधिक होता जाता था। म्रधिक गहराई पर घर्षण इतना म्रधिक हो जाता था कि लंगर इससे नीचे उतरता ही नहीं था। लोग रस्मी ऊपर से छोड़ते जाते थे म्रौर उन्हें लगता था कि वहाँ काफी म्रधिक गहरा है।

हमारे समय की पनडुब्बियां 25 से ग्रधिक वातदाब सहन नहीं कर सकतीं। इसका ग्रर्थ है कि उन्हें 250 m से ग्रधिक गहराई पर नहीं उतरना चाहिये। कहीं ग्रधिक गहराई पर उतरने के लिये एक दूसरा उपकरण है, जिसे प्लावर्तुल (बैथीस्फेयर) कहते हैं (चित्र 51)। इसका उपयोग सागर की गहराई में स्थित जीव-जगत के ग्रध्ययन में होता है। इसकी बनावट जूल वेर्न के "नौटिलुस" जैसी नहीं, वेल्स के जलगामी गोले की तरह है, जिसका वर्णन उन्होंने "समुद्र की गहराई में "नामक पुस्तक में किया है। कहानी का नायक मोटी दीवारों वाले एक खोखले गोले में 9 km की गहराई पर उतरता है। उपकरण को रस्सी से बांध कर नहीं लटकाया जाता था। उसमें वजनी वस्तुएं रखी जाती थीं, जिसके कारण वह स्वयं पानी में डूब जाता था। उपर ग्राने के लिये इस बोझ को ग्रलग कर देते थे ग्रीर गोला स्वयं उपर उपल ग्राता था।

प्लावर्तुल में वैज्ञानिकगण  $900\,\mathrm{m}$  तक की गहराई पर जा चुके हैं। उसे जहाज से रस्सी के सहारे पानी में उतारा जाता है। रस्सी के साथ टेलीफोन-लाइन भी लगी होती है।  $^1$ 

¹ इसके कुछ समय बाद फांस में इंजिनियर विल्म और इटली में बेल्जियन प्रोफेसर पिकार की देख-रेख में प्लाकोष्ठ (बैथीश्काफ) नामक उपकरण बनाये गये। प्लावर्तुल रस्सी के सहारे सिर्फ एक स्थान पर लटके रहते हैं, पर प्लाकोष्ठ स्वयं तैर सकते हैं। पिकार का प्लाकोष्ठ 3 km नीचे उतरा था। इसके बाद फांसीसी गियोम तथा विल्म का प्लाकोष्ठ 4050 m की गहराई तक पहुँचा। 1959 के नवंबर में प्लाकोष्ठ 5670 m की गहराई पर था। 9 जनवरी 1960 को पिकार 7300 m की गहराई देख आया और 23 जनवारी को उसका प्लाकोष्ठ मैरियन दरार के तल का निरीक्षण कर आया, जो 11.5 km की गहराई पर स्थित है। आधुनिकतम अध्ययनों के अनुसार यह दुनिया में सबसे गहरा स्थान है।

# "साद्को" का उद्घार

विस्तृत सागर में प्रतिवर्ष हजारों छोटे-बड़े जहाज डूब जाया करते हैं। युद्ध-काल में डूबने वाले जहाजों की संख्या विशेष रूप से ग्रधिक थी। ग्रधिक मूल्यवान जहाजों में से जो सुगम स्थलों पर पड़े हैं, उन्हें उबारने की कोशिश की जाती है। "विशेष कार्यों के लिये जलगत ग्रभियान" के सदस्यों के रूप में सोवियत इंजिनियरों तथा गोताखोरों को 150 से ग्रधिक जहाजों को सफल-तापूर्वक उबारने के लिये विश्वख्याति प्राप्त हो चुकी है। इनमें सबसे बड़ा जहाज हिमभंजक "सादको" था, जो 1916 ई. में कैंप्टेन की गलती से श्वेत सागर में डूब गया था। वह 17 साल तक सागरतल पर पड़ा रहा। उक्त ग्रभियान के सदस्यों ने उसे निकाल कर उसे पुनः काम करने लायक बना दिया।

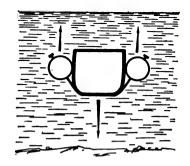
इस जहाज को निकालने की विधि पूर्णतया आर्कमेडिस के नियम पर आधारित थी। डूबे जहाज के नीचे जमीन में 12 सुरंगें खोदी गयीं और उनमें फौलादी रस्से बिछा दिये गये। रस्सों के सिरे पीपों से बंधे थे। यह सारा काम जल-स्तर से 25 m नीचे पूरा किया गया था।

पीपे (चित्र 52) 11 मीटर लंबे लोहे के बेलन थे, जिनका व्यास 5.5 m था। खाली पीपे का वजन 50 टन था। ज्यामितीय नियमों से बेलन का श्रायतन ज्ञात किया जा सकता है: करीब 250 घन मीटर। स्पष्ट है कि ऐसा पीपा डूब नहीं सकता; वह पानी पर तैरता रहेगा, क्योंकि उसका भार है 50 टन ग्रौर उसके द्वारा विस्थापित जल का भार है 250 टन। उसकी भार उठाने की क्षमता 250 ग्रौर 50 का ग्रंतर, ग्रार्थात् 200 टन होगी। पीपे को तल पर उतारने के लिये उसे पहले पानी से भर दिया गया था।

जब डूबे हुए पीपों को लोहे के रस्सों से श्रच्छी तरह बांध दिया गया, रबड़ की निलयों से उसमें हवा भरा गया।  $25\,\mathrm{m}$  की गहराई पर हवा का दबाव  $^{25}/_{10}+1$ ; श्रर्थात  $3^1/_2$  वातदाब के बराबर होता है। हवा पीपे में 4 वातदाब के श्रंतर्गत भरी जा रही थी, इसीलिये वह उसमें से पानी विस्थापित कर सकती थी। हल्का हो जाने पर पीपे परिवेशी जल द्वारा विशाल शक्ति से ऊपर धकेले जाने लगे। पीपों की भार उठाने की सम्मिलित क्षमता  $200\times12$ , श्रर्थात् 2400 टन थी। यह "साद्को"

के भार से काफी प्रधिक था, इसीलिये पीपों में से सारा पानी नहीं निकाला गया। सारा पानी निकाल देने पर जहाज के ऊपर आने का वेग बहुत स्रधिक होता।

जहाज एक ही बार में नहीं निकल ग्राया। इसके पहले के कुछ प्रयत्न ग्रसफल हो गये थे। "जहाज के उद्धारकों को चार दुर्घटनाग्रों का सामना करना पड़ा, तब जा कर उन्हें सफलता मिली, — ग्रभियान के नेतृत्वकर्ता इंजिनियर त. इ. बद्रीत्स्की लिखते हैं। 1 — तीन बार



<sub>चित्र</sub> 52. "साद्को" को उठाने की योजना का ग्रारेख। चित्र में हिम-भंजक का ग्रनुच्छेद, पीपे ग्रीर रस्से दिखाये गये हैं।

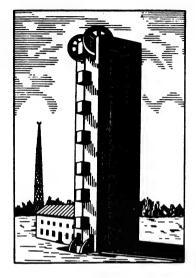
उत्सुकता से जहाज के निकलने की प्रतीक्षा की गयी श्रीर तीनों बार जहाज की जगह श्रकेले खाली पीपे निकले। रस्से श्रीर पाइप टूट जाया करते थे। श्रंतिम बार जहाज दिखा, पर फिर डुबकी लगा लिया... फिर बाहर निकला श्रीर फिर नीचे चला गया श्रीर तब जा कर पानी की सतह पर स्थिर हुआ। "

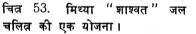
### " शाश्वत " जल-चलित्र

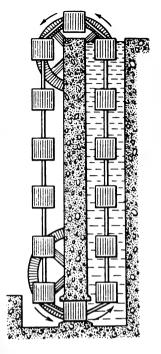
"शाश्वत-चिल्लों" की भ्रनेक योजनायें पानी में वस्तुम्रों के उत्पलवनगुण पर भ्राधारित हैं। 20 मीटर ऊँचा भीनारनुमा हौज पानी से भरा
हुम्रा है। उपर भ्रौर नीचे चक्के लगे हुए है, जिन पर लोहे का रस्सा लगा
हुम्रा है। रस्से से एक-एक मीटर की ऊँचाई वाले 14 घनाकार बग्तन
लगे हैं। पानी बरतन के भीतर नहीं जा सकता। चित्र 53 व 54 में इस
हौज का वाह्य रूप तथा भ्रनुतीर काट दिखाये गये हैं।

उपकरण किस प्रकार काम करता है? म्रार्कमेडिस के नियम से परि-चित लोग समझ जायेंगे कि पानी के भीतर वाले बरतन ऊपर उठने को प्रवृत्त होंगे। उन्हें ऊपर धकेलता है बल, जो उनके द्वारा विस्थापित जल के

¹ पुस्तक "गहराई पर विजय" में।







चित्र 54. पिछले चित्र में दिखाये गये हौज की बनावट।

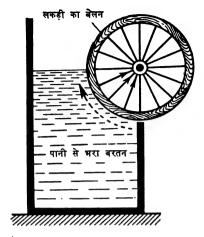
बारबर है। यह एक घन मीटर पानी के भार गुणा पानी में स्थित बरतनों की संख्या के बराबर होगा। चित्र से स्पष्ट है कि पानी में हमेशा छे बरतन होंगे। ग्रतः पानी में बरतनों को ऊपर धकेलने वाला बल  $6\,\mathrm{m}^3$  पानी के भार के बराबर, ग्रर्थात् 6 टन के बराबर होगा। इन बरतनों को इनका ग्रपना भार नीचे खींचता है, पर इनका भार स्वतंत्र रूप से बाहर लटके छे बरतनों के भार द्वारा संतुलित हो जाता है।

इस स्थिति में रस्सा हमेशा एक तरफ से ऊपर की ग्रोर 6 टन बल से खींचता रहेगा। स्पष्ट है कि यह बल रस्से को चक्कों पर ग्रविराम घूमने के लिये विवश करेगा ग्रौर हर चक्कर से  $6000 \times 20 = 120\ 000\ \text{kgm}$  के बराबर कार्य संपन्न होता रहेगा।

श्राप समझ सकते हैं कि यदि पूरे देश भर में ऐसे हौज बनाये जायें, तो हमें कार्य की श्रक्षय माज़ा प्राप्त होती रहेगी श्रौर इससे सारी श्रार्थिक श्रावश्यकतायें पूरी हो सकेंगी। इस चिलत्र की मदद से डायनेमो घुमाये जायेंगे, जो किसी भी माता में विद्युत-ऊर्जा दे सकेंगे।

लेकिन यदि इस योजना का ध्यानपूर्वक निरीक्षण करें, तो ग्रापको मानना पड़ेगा कि रस्से से घ्मने की कोई ग्राशा नहीं करनी चाहिये।

रस्सा घूमता रहे, इसके लिये ग्रावण्यक है कि बरतन नीचे से हौज में घुसे ग्रौर ऊपर से निकले।



चित्र 55. <mark>"शाश्वत"जल चलित्र</mark> की एक ग्रौर योजना।

लेकिन हौज में घुसते वक्त बरतन को 20 m ऊँचे जल-स्तंभ के दाब का सामना करना पड़ेगा। बरतन के एक वर्ग मीटर वाली सतह पर यह दबाव बीस टन के बराबर बल लगायेगा (यह  $20 \text{ m}^3$  पानी का भार है)। ऊपर खींचने वाला बल सिर्फ 6 टन है ग्रीर यह बरतन को हौज में खींचने के लिये काफी नहीं है।

"शाश्वत" जल-चिलत्नों के सैकड़ों ग्रसफल नमूने हैं, जिनमें कुछ ग्रत्यंत सरल हैं ग्रौर ग्राविष्कारक की प्रतिभा के प्रतीक माने जा सकते हैं।

चित्र 55 को देखें। लकड़ी का बेलन अपने अक्ष के सहारे धूम सकता है। बेलन का एक भाग हमेशा पानी में है। यदि आर्कमेडिस का नियम सत्य है, तो पानी में डूबा हुआ भाग उत्प्लवन के लिये प्रवृत्त होगा। यदि उत्प्लवन-बल घर्षण-बल से अधिक होगा, तो बेलन का धूर्णन कभी बंद नहीं होगा...।

लेकिन ऐसा "शाश्वत" चिल्ल बनाने की जल्दीबाजी न करें। श्रापको सफलता नहीं मिलेगी; बेलन श्रपनी जगह पर टस से मस नहीं होगा। फिर हमारे विचारक्रम में गलती कहाँ है? यहाँ हमने क्रियाशील बलों की दिशा पर कोई ध्यान नहीं दिया है। उत्प्लवन-बल बेलन की सतह के श्रिभलंब,

ग्नर्थात् त्रिज्या की दिशा में ग्रक्ष की ग्रोर लगता है। दैनिक ग्रनुभव से सभी जानते हैं कि चक्के को उसकी त्रिज्या के ग्रानुतीर बल लगा कर घुमाना ग्रसंभव है। उसे घुमाने के लिये त्रिज्या के ग्राभिलंब, ग्रार्थात् चक्के की परिधि की स्पर्शरेखा के ग्रानुतीर बल लगाया जाता है। ग्रब ग्राप बेशक समझ गये होंगे कि यह "शाश्वत" चलित्र भी काम नहीं देगा।

"शास्वत" चिलत के अन्वेषकों के लिये आर्कमेडिस का नियम हमेशा आकर्षण का केंद्र रहा है। द्वव में डूबी वस्तु के भार में प्रतीयमान कमी आती है—इस तथ्य को उपयोग में लाने वाली नाना प्रयुक्तियां सोची गयीं, जो अन्वेषकों के विचार में यांत्रिक ऊर्जा के शास्वत स्रोत बन सकती थीं।

# "गैस" भीर "एटमोस्फेयर" शब्द किसकी देन हैं?

"गैस" शब्द "थर्मोमीटर", "एलेक्ट्रोसीटी", "गैल्वेनोमीटर", "टेलीफोन" "ऐटमोस्फेयर" म्रादि जैसे शब्दों की तरह ही सोच कर बनाया गया है। सोच कर बनाये गये शब्दों में "गैस" सबसे छोटा शब्द है। इसे गैलीली के समकालीन हालैंडवासी चिकित्सक व रसायनविद हेल्मींट (1577—1644) ने यूनानी शब्द "केग्रोस" से बनाया था। हवा दो अवयवों से मिल कर बना है, जिसमें से एक जलने में सहायक होता है तथा खुद भी जल जाता है और दूसरा अवयव यह गुण नहीं रखता—यह ज्ञात होने पर हेल्मींट ने लिखा:

"ऐसे वाष्प को मैंने गैस का नाम दिया, क्योंकि यह प्राचीन केन्न्रोस से काफी मिलता जुलता है ( "केन्न्रोस" का न्रारंभिक न्रर्थ है - उद्भासित व्योम )।

पर यह नया शब्द काफी समय तक प्रयोग में नहीं म्राया। 1789 में लावोजिये ने इसे नया जन्म दिया। गुब्बारे में मंगोल्फिये भाइयों की उड़ान के बाद इस शब्द का विस्तृत प्रयोग होने लगा।

लोमोनोसोव की कृतियों में गैसरूपी पिंडों के लिये दूसरा नाम मिलता है—"लचीला द्रव" (यह नाम उस समय भी प्रचलित था, जब मैं स्कूल में पढ़ता था)। लोमोनोसोव ने रूसी भाषा को भ्रनेक शब्द दिये, जिन्हें विज्ञान में मानक शब्दों का स्थान प्राप्त हुआ। वे भ्राज भी प्रचलित हैं: 1

¹ यहां इन शब्दों के लिये हिन्दी में प्रयुक्त शब्द दिये जा रहे हैं। - श्रनु.

वातमंडल (एटमोस्फेयर) घनत्वमापी (मैनोमीटर) दाबमापी (बैरोमीटर) सुरमापी (माइक्रोमीटर) वातिनष्काषक पंप प्रकाशिकी, प्रकाशिकीय श्यानता वैद्युत क्रिस्टलीकरण इंथर प्रार्व

रूसी ज्ञान-विज्ञान के मेधावी पितर इसके बारे में लिखते हैं: "कुछ भौतिकीय उपकरणों, प्रिक्रियाग्रों व प्राकृतिक वस्तुग्रों के नामकरण के लिये मुझे ऐसे शब्द ढूँढने पड़े, जो प्रथम दृष्टि में विचिन्न से लगते हैं, पर कालांतर में वे प्रयोग के माध्यम से हमारे लिये ग्रधिक परिचित हो जायेंगे।"

हम जानते हैं कि लोमोनोसोव की ग्राशा व्यर्थ नहीं गयी।

इसके विपरीत,... दाल (रूसी शब्दकोष के प्रणेता) ने वातावरण के लिये जो शब्द दिया था — "भूसंलग्न" — प्रचलित नहीं हो सका। इसी प्रकार क्षितिज के लिये उन्होंने "खभौम" <sup>2</sup> शब्द दिया था, पर यह भी प्रयोग में नहीं ग्रा पाया।

#### सरल प्रवन?

लबालब भरे समोवर में 30 गिलास पानी ग्रॅंटता है। ग्राप उसके पेंदे के पास लगे नल को खोल कर एक गिलास में पानी भरना चाहते हैं। साथ ही ग्राप घड़ी में देखते हैं कि गिलास भरने में कितना समय लगता है। माना कि इसमें ग्राघे मिनट का समय व्यतीत होता है। ग्रब प्रश्न उठता है: यदि नल खुला छोड़ दिया जाये, तो कितनी देर में समोवर खाली हो जायेगा?

लगता है कि यह बच्चों के लिये गणित का प्रश्न है: समोवर से एक गिलास पानी गिरता है 1/2 मिनट में, ग्रतः 30 गिलास पानी के गिरने में 15 मिनट लगेंगे।

<sup>1, 2</sup> रूसी शब्दों का ग्रक्षरशः ग्रनुवाद। - ग्रनु।

लेकिन ग्राप कर के देखें। पता चलेगा कि समोवर चौथाई घंटे में खाली नहीं होता; उसे खाली होने में ग्राधा घंटा लगता है।

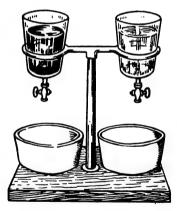
हिसाब तो बिल्कुल सीधा है, फिर बात क्या है?

सीधा है, पर गलत है। यह नहीं सोचना चाहिये कि पानी गिरने का दर शुरू से ग्रंत तक एक ही रहता है। जब एक गिलास पानी गिर चुका होता है, पानी का धार कम दबाव से निकलता है, क्योंकि समोवर में पानी का स्तर नीचे उतर ग्राता है। स्पष्ट है कि दूसरा गिलास भरने में ग्रापको ग्राधा मिनट से कुछ ग्रधिक समय लगेगा; तीसरे को भरने में ग्रीर भी ग्रधिक समय लगेगा, ग्रादि।

खुले बरतन के छेद से किसी भी द्रव के बहने का दर उस छेद से ऊपर स्थित द्रव-स्तंभ की ऊँचाई का समानुपाती होता है। इस संबंध को पहले-पहल गैलीली के मेधावी शिष्य टोरीसेली ने दिखाया ग्रौर इसे निम्न सुत्र द्वारा व्यक्त किया:

$$v = \sqrt{2gh}$$

जहां v- प्रवाह-दर, g- गुरूत्व-बल से प्राप्त त्वरण, ग्रीर h- छेद से ऊपर द्रव के स्तंभ की ऊँचाई। इस सूत्र से निष्कर्ष निकलता है कि प्रवाह



चित्र 56. क्या पहले ढलेगा: पारा या स्पिरिट? बरतनों में द्रवों का स्तर समान ऊँचाई पर है।

का दर द्रव के घनत्व पर निर्भर नहीं करता। यदि बरतनों में पारे श्रौर स्पिरिट की ऊँचाई एक हो, तो दोनों समान तेजी से बहेंगे, यद्यपि पारा भारी होता है श्रौर स्पिरिट हल्का (चित्र 56)। सूत्र से यह भी स्पष्ट हो जाता है कि पृथ्वी की श्रपेक्षा चांद पर एक गिलास भरने में  $2^1/2$  गुना श्रधिक समय लगेगा, क्योंकि वहाँ गुरूत्व बल 6 गुना कम है।

श्रब श्रपने प्रश्न की श्रोर लौटें। यदि 20 गिलास पानी बह चुकने के बाद समोवर में नल के ऊपर जल-स्तंभ की ऊँचाई चौगुनी कम हो जाती है, तो 21 वां गिलास भरने में प्रथम गिलास की तुलना में बुगुना अधिक समय लगेगा। यदि आगे चल कर जल-स्तंभ की ऊँचाई 9 गुनी कम हो जाती है, तो गिलास भरने में पहले से तिगुना अधिक समय लगेगा। सभी जानते होंगे कि लगभग खाली समोवर के नल से पानी कितना धीरे बहता है। उच्च गणित की सहायता से इस प्रश्न को हल करते समय सिद्ध किया जा सकता है कि बरतन के पूरा खाली होने में दुगुना अधिक समय लगता है, बनिस्बत कि यदि उससे उतना ही द्रव इस प्रकार बहे कि उसकी ऊँचाई कम न हो।

#### होज का प्रश्न

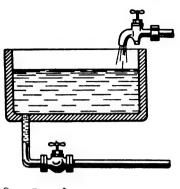
उपरोक्त बातों को समझ लेने पर हम हौज से संबंधित उन विख्यात प्रश्नों को देख सकते हैं, जिनके बिना श्रंकगणित या बीजगणित की एक भी किताब नहीं छपती। ऊबन भरा ऐसा पंडिताऊं प्रश्न सबों को याद होगा:

"हौज में दो नल लगे हैं। उनमें से एक की मदद से खाली हौज 5 घंटों में भरा जा सकता है; दूसरे की मदद से हौज 10 घंटों में खाली किया जा सकता है। यदि दोनों नल खुले हों, तो हौज भरने नें कितना समय लगेगा?"

इस तरह के प्रश्न प्राचीनकाल से ही चले थ्या रहे हैं। थ्राज से दो हजार साल पहले थ्रलेक्जेंडर हिरोन ने इस प्रकार के प्रश्न रखे थे। उनमें से एक यहां दिया जा रहा है:

"चार फव्वारे, एक तालाब।
एक भरने में लगाता एक दिन-रात,
दूसरा लगाता दो दिन और दो रात।
तीसरे का तिगुना पहले से मंद ग्राब;
चौथा लगाता चार दिन, चार रात।
बता मुझे कब भरेगा तालाब
गर सब खुल जायें एक साथ।"

हौज से संबंधित प्रश्न दो हजार वर्षों से हल किये जा रहे हैं श्रीर दो हजार वर्षों से गलत हल किये जा रहे हैं। गलत हल का कारण उपरोक्त



चित्र 57. हीज का प्रश्न।

बातों से समझा जा सकता है। स्मरण करें कि इन प्रश्नों को किस प्रकार हल करना सिखाया जाता है। पहला प्रश्न इस प्रकार से: पहला नल 1 घंटे में हौज का  $^{1}/_{5}$  भाग भरता है श्रीर दूसरा इसी संतराल में हौज का  $^{1}/_{10}$  भाग खाली करता है; स्रतः दोनों नलों के सम्मिलित प्रभाव से प्रति घंटा हौज का

 $\frac{1}{5} - \frac{1}{10}$  भाग

भरता है। स्पष्ट है कि हौज 10 घंटों में भर जायेगा। पर यहाँ गलत विचार-कम लागू किया गया है। हौज में पानी भरने की किया समरूप मानी जा सकती है, क्योंकि नल से पानी स्थायी दबाव पर निकलता है। लेकिन हौज से पानी निकलने की किया समरूप नहीं हो सकती, क्योंकि जैसे-जैसे पानी निकलता जाता है, हौज में पानी की ऊँचाई वैसे-वैसे घटती जाती है। दूसरा नल पूरे हौज को 10 घंटे में खाली करता है, इससे यह निष्कर्ष नहीं निकाला जा सकता कि हर घंटे हौज का 1/10 भाग ही खाली होता है। श्राप देखते हैं कि प्रश्न हल करने की स्कूली विधि सही नहीं है। सरल गणित की विधियों से इस प्रश्न का सही हल नहीं दिया जा सकता श्रीर इसीलिये हौज के खाली होने से संबंधित प्रश्नों को श्रंकगणित की पुस्तक में स्थान नहीं मिलना चाहिये।

क्या ऐसा कोई बरतन बनाया जा सकत। है, जिसमें पानी लागातार समरूप गति से गिरता रहे श्रीर इस पर पानी की ऊँचाई का श्रसर न पड़े? उपरोक्त बातों को जान लेने के बाद शायद श्राप इसे श्रसंभव मानेंगे।

¹ ऐसे प्रश्नों का सविस्तार हल मेरी पुस्तक "क्या भ्रापको भौतिकी का ज्ञान है?" में देखें।

#### ग्रदचर्यजनक बरतन

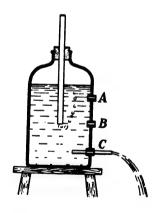
लेकिन यह पूरी तरह से संभव है। चित्र 58 में दिखायी गयी बोतल ही ऐसा ग्राण्चर्यजनक बरतन है। इसके काग से हो कर एक काँच की नली लगी है। यदि ग्राप नली से नीचे स्थित नल C खोलेंगे, तो पानी समरूप गित से गिरता रहेगा ग्रौर उसकी धार तबतक क्षीण नहीं होगी, जबतक कि पानी का स्तर नली के निचले सिरे तक नहीं उतर ग्राता। यदि नली का निचला सिरा नल के पास होगा, तो ऊपर से नल तक का पानी एकरूप गित से गिरता रहेगा। यह बात ग्रौर है कि पानी की धार ग्रत्यंत क्षीण होगी।

क्या कारण है इसका? श्राप कल्पनादृष्टि से देखने की कोशिश करें कि नल C को खोलने पर बरतन के भीतर क्या होता है (चित्र 58)। पहले नली का पानी गिरेगा; नली में पानी का स्तर उसके निचले सिरे तक उत्तर श्रायेगा। इसके बाद पानी के गिरने से बोतल में पानी का स्तर नीचे उत्तरने लगेगा श्रौर नली के सहारे उसमें बाहर की हवा प्रवेश करने लगेगी। हवा बुलबुलों के रूप में पानी से हो कर बोतल के ऊपरी भाग में जमा होगी। श्रब B की ऊँचाई पर दबाव सर्वत्र वातदाब के तुल्य हो जायेगा। स्पष्ट है कि नल C से पानी शुरू से श्रंत तक सिर्फ जल-स्तंभ BC

के दबाव से निकलता है, क्योंकि वातदाब बरतन के भीतर व बाहर ग्रापस में संतुलित रहता है। कहने का तात्पर्य है कि पानी का ग्रारंभिक स्तर बिंदु B तक सिर्फ जल-स्तंभ BC के दबाव से उतरता है। इसीलिये इस ग्रविध में पानी समरूप गित से निकलता रहता है।

ग्रब निम्न प्रश्न का उत्तर देने की कोशिश करें: यदि नली के निचले सिरे के पास स्थित काग *B* निकाल लिया जाये, तो पानी कितनी तेजी से बाहर निकलेगा?

पता चलता है कि पानी **बिल्कुल ही नहीं निकलेगा** (स्पष्टतः सिर्फ उस



चित्र 58. मैरियट के बरतन की बनावट। छेद C से पानी समरूप धार से गिरता है।

हालत में, जब छेद B की चौडाई नगण्य होगी; ग्रन्यथा छेद की चौड़ाई जितने ऊँचे जल-स्तंभ के दबाव से पानी की पतली धार फूट पड़ेगी)। यहाँ भीतर ग्रौर बाहर का दबाव वातदाब के तुल्य है ग्रौर इसीलिये पानी को छेद से निकलने के लिये प्रेरित करने वाला कोई ग्रतिरिक्त बल नहीं है।

श्रौर यदि नली के निचले सिरे से **ऊपर** स्थित छेद A को खोला जाये, तो? इस स्थिति में पानी बाहर तो क्या निकलेगा, छेद से हो कर उल्टा हवा भीतर जाने लगेगी। क्यों? कारण बहुत सीधा सा है: भीतर बरतन के इस भाग में हवा का दबाव बाहरी वातदाब से **कम** है।

इतने स्रसाधारण गुणों वाले बरतन को विख्यात भौतिकविद मैरियट ने बनाया था। इसे "मैरियट का बरतन" कहते हैं।

### हवाई बोझ

सत्नहवीं सदी के मध्य में रेंसबुर्ग शहर के निवासियों को एक विचित्र दृश्य देखने का अवसर मिला: 16 घोड़े मिल कर आपस में सटे तांबे के दो अर्धगोलों को सारी शक्ति से अलग करने में लगे हुए थे। यह दृश्य देखने के लिये सम्राट समेत जर्मनी के छोटे-बड़े सभी राजे आये हुए थे। सभी आश्चर्यचिकित थे कि इन दो अर्धगोलों को आपस में सटा कर रखने वाली शक्ति मामूली हवा की थी। इस विधि से स्थानीय मेयर ने सबको दिखा दिया कि हवा "शून्य" नहीं है, उसका अपना भार होता है और वह पार्थिव वस्तुओं को पर्याप्त अधिक शक्ति से दबा कर रखती है।

यह प्रयोग 8 मई 1654 ई. में किया गया था श्रौर काफी धूमधाम से किया गया था। विद्वान मेयर राजनैतिक फूट व श्रापसी युद्ध के काल में भी लोगों का ध्यान श्रपनी वैज्ञानिक खोजों की श्रोर श्राकर्षित करने में सफल हो गये।

"मैंग्डबुर्गी म्रर्घगोलों" के साथ इस प्रयोग का वर्णन भौतिकी की पाठ्य-पुस्तकों में देखा जा सकता है। पर मुझे विश्वास है कि पाठक इसका किस्सा स्वयं गेरिक की जुबानी सुनना म्रधिक पसंद करेंगे। "जर्मनी का गैलीली " नाम से विख्यात इस उत्कृष्ट भौतिकवेत्ता की पुस्तक भ्राम्स्टर्डम में 1672 ई में प्रकाशित हुई थी। पुस्तक काफी मोटी थी ग्रौर लातीनी भाषा में लिखी गयी थी। इसमें ग्रनेकानेक प्रयोगों का वर्णन किया गया था ग्रौर इसका नाम काफी विचिव सा था:

## ग्रोटो बोन गेरिक

#### निर्वात व्योम

के साथ तथाकथित नवीन मैंग्डबुर्गी प्रयोग, जिनका प्रथम वर्णन व्युर्टसबुर्ग विश्वविद्यालय के गणित प्राध्यापक कासपार ज्ञोट ने किया था। लेखकीय संस्करण भ्रधिक सविस्तार है तथा इसमें विभिन्न

नवीन प्रयोगों का समावेश कराया गया है।

उस जमाने में किताबों के नाम ऐसे ही विचित्न हुन्ना करते थे। जिस प्रयोग में हमारी दिलचस्पी है, उसका वर्णन इस पुस्तक के तेरहवें भ्रध्याय में किया गया है। यहाँ हम उसका भ्रक्षरशः भ्रनुवाद दे रहे हैं :

"प्रयोग, जो सिद्ध करता है कि हवा का दबाव दो म्रर्द्धगोलों को इतनी मजबूती से जोड़ता है कि उन्हें 16 घोड़ों की शक्ति से म्रलग नहीं किया जा सकता।

मैंने तीन चौथाई मैंग्डबुर्गी हाथ के बराबर व्यास वाले तांबे के दो खोखले भ्रद्धंगोले बनाने का म्रार्डर दिया। 1 पर वास्तव में उनका व्यास सिर्फ <sup>67</sup>/<sub>100</sub> के बराबर था, क्योंकि मिस्त्री, जैसा कि ग्रक्सर होता है, ठीक वैसी चीज नहीं बना पाते, जैसा उनसे कहा जाता है। दोनों ग्रर्द्धगोले एक दूसरे के बिल्कूल अनुकुल थे। एक ग्रर्द्धगोले में एक नल लगा हुन्ना था; इस नल की सहायता से भीतर की हवा निकाली जा सकती थी ग्रीर बाहर की हवा को भीतर जाने से रोका जा सकता था। इसके ग्रतिरिक्त. ग्रर्ढ-गोलों में चार कड़े लगे हुए थे, जिनमें रस्सा लगा कर उन्हें घोड़ों के साथ

<sup>1 &</sup>quot; मैग्डबर्गी हाथ" 550 mm के बराबर होता है।

बांधा गया था। मैंने एक चमड़े का छल्ला सिलाने का भी भ्रादेश दिया था: वह मोम और तारपीन के घोल में भिगाया गया था; भ्रद्धंगोलों के बीच उसे दबाने पर वह उनके भीतर हवा नहीं जाने देता था। नल पंप के साथ जोड़ कर गोले के भीतर की हवा निकाल ली गयी। तब पता चला कि किस बल से दोनों भ्रद्धंगोले चमड़े के छल्ले के सहारे एक दूसरे को दबा कर भ्रापस में जकड़े हुए थे। बाहर की हवा का दबाव उन्हें इतनी मजबूती से भ्रापस में दबाये था कि 16 घोड़े (हूल देकर) भी उन्हें बिल्कुल भ्रलग नहीं कर पा रहे थे या भ्रलग करते भी थे, तो काफी मुश्किल से। जब भ्रद्धंगोले घोड़ों की सारी शक्ति के तनाव से हार कर भ्रलग होते थे तो गोली छूटने सी धमाके की भ्रावाज होती थी।

लेकिन नल की मूठ घुमा कर हवा के भीतर जाने का मार्ग खोल देने के बाद ग्रर्द्धगोलों को हाथों से ही ग्रलग कर लिया जा सकता था।"

एक सरल कलन हमें समझा सकता है कि खोखले गोले के भागों को भ्रम्भ करने के लिये इतने बड़े बल (दोनों तरफ से भ्राठ-भ्राठ घोडों के खींचने से उत्पन्न बल) की भ्रावश्यतका क्यों पड़ती थी। हवा हर  $1\,\mathrm{cm}^2$  को करीब  $1\,\mathrm{kg}$  के बल से दबाता है। 0.67 हाथ ( $37\,\mathrm{cm}$ ) व्यास वाले कृत्त का क्षेत्रफल  $1\,1060\,\mathrm{cm}^2$  होता है। भ्रतः हर ग्रद्धंगोले पर हवा का दबाव  $1000\,\mathrm{kg}$  ( $1\,\mathrm{cr}$ ) से भ्रधिक होता है। इसीलिये भ्राठ घोड़ों को वाह्य हवा के विरूद्ध कार्य करने के लिये एक भ्रद्धंगोले को एक टन के बल से खींचना पड़ता था।

ग्रापकों लग सकता है कि ग्राठ घोड़ों के लिये (दोनों तरफ से) यह कोई बड़ा बोझ नहीं है। पर यह न भूलें कि एक टन का बोझ खींचते वक्त घोड़े को एक टन के बराबर बल का सामना नहीं करना पड़ता। उसे चक्के ग्रीर सड़क के बीच के घर्षण-बल का सामना करना पड़ता है श्रीर यह बल काफी कम होता है। ग्रच्छी पक्की सड़क पर यह बल बोझ का सिर्फ पाँच प्रतिशत भाग होता है। ग्रच्छी प्रति बोझ 1 टन के बराबर

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यहाँ वृत्त का क्षेत्रफल लिया जाता है, ग्रर्द्धगोले की सतह का नहीं, क्योंकि वातदाब उपरोक्त मान के बराबर सिर्फ तब होता है, जब वह ग्रपने ग्रिभलंब सतह पर कियाशील होता है। दी गयी स्थितियों में हम वर्तुली सतह का लांबिक प्रक्षेप ग्रर्थात् बड़े वृत्त का क्षेत्रफल लेते हैं।

है, तो घोड़े को सिर्फ 50 kg के बल का सामना करना पड़ता है। (हम इसके बारे में कुछ नहीं कहते कि म्राठ घोड़ों को जोतने पर व्यवहार में बोझ 50% हल्का हो जाता है।) म्रतः म्राठ घोड़े के लिये एक टन का बोझ गाड़ी में रखे 20 टन के समतुल्य है। इतना बड़ा हवाई बोझ ढोना था मैंग्डबुर्गी मेयर के घोड़ों को! उन्हें एक छोटे-मोटे इंजन को खींचना था मौंर वह भी ऐसे इंजन को, जो बिना पटरी के जमीन पर खड़ा हो।

नाप कर देखा गया है कि छकड़े का मजबूत घोड़ा मुश्किल से 80 kg भारी गाडी खींच सकता



चित्र 59. कमर श्रीर पैर की हिड़ियों के श्रलग नहीं होने का कारण है वातदाब; वह उन्हें उसी तरह सटा कर रखता है, जैसे मैंग्डबुर्ग के विख्यात श्रद्धंगोलों को।

है।  $^1$  ग्रतः मैंग्डबुर्गी ग्रद्धंगोलों को ग्रलग करने के लिये दोनों तरफ से (यदि खिंचाव समरूप हो)  $^{1000}/_{80}$ , ग्रर्थात् तेरह-तेरह घोड़ोंकी जरूरत पड़ेगी।  $^2$ 

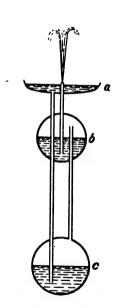
पाठक को यह जान कर शायद आश्चर्य होगा कि हमारे अस्थि-पंजर के कुछ भाग उसी प्रकार से जुड़े हैं, जैसे मैंग्डबुर्गी अर्द्धगोले। कमर और जांघ की हिंडुयों का जोड़ मैंग्डबुर्गी अर्द्धगोलों जैसा ही है। यदि उन्हें जोड़ने वाली पेशियों और मृदु अस्थियों को हटा भी दिया जाए, तो जांघ कमर से अलग नहीं होगा: उन्हें वातदाब आपस में चिपका कर रखता है, क्योंकि उनके जोड़ के बीच हवा नहीं होती।

 $<sup>^{1}</sup>$  4 km/h के वेग से घोड़े की खींचने की शक्ति ग्रौसतन उसके भार के 15% के बराबर मानी जाती है। हल्के घोड़े का भार 400 kg होता है ग्रौर भारी घोड़े का -750 kg। ग्रत्यंत छोटे ग्रंतरालों में (जैसे खींचना शुरू करते वक्त) खींचने का बल कई गुना ग्रधिक हो सकता है।

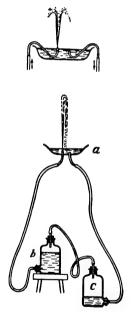
² हर तरफ 13 घोड़ों की ही जरूरत क्यों पड़ेगी, इसका उत्तर पाठक मेरी पुस्तक "मनोरंजक यांत्रिकी" में पढ़ सकते हैं।

### हिरोन के फव्यारों का नया रूप

प्राचीन यंत्र कार हिरोन के नाम से प्रसिद्ध फव्वारे की सामान्य बनावट से शायद सभी परिचित होंगे। फिर भी, इस मनोरंजक उपकरण के नवीन रूपों का वर्णन करने से पहले इसकी ग्रारंभिक बनावट की याद दिला देना ग्राधिक उचित होगा। हिरोन के फव्वारे में (चित्र 60) तीन बरतन होते हैं: खुला बरतन a सबसे ऊपर होता है ग्रीर नीचे के दो बरतन b ग्रीर c वायुरूद्ध होते हैं; बरतन तीन निलयों द्वारा जुड़े होते हैं, जिनकी स्थितियां चित्र में दिखायी गयी हैं। फव्वारे के चलने के लिये ग्रावश्यक है कि a में थोड़ा पानी हो, b पानी से पूरा भरा हो ग्रीर बरतन c हवा से भरा हो। a में से पानी नली के सहारे c में ग्राता है ग्रीर वहां की हवा को बरतन



चित्र 60. **हिरोन का एक प्राचीन फव्वारा।** 

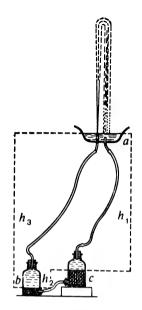


चित्र 61. हिरोन के फब्बारे का ग्राधुनिक रूप। ऊपर – थाली की एक ग्रतिरिक्त बनावट।

b में विस्थापित करता है। b में ग्रितिरिक्त हवा के दबाव से पानी नली में ऊपर चढ़ता है ग्रौर फक्वारे की तरह निकलने लगता है। जब b का सारा पानी निकल चुका होता है, फक्वारे का चलना बंद हो जाता है।

हिरोन के फव्वारे की पुरानी बनावट यही है। ईटली के एक स्कूल में भौतिकी की प्रयोगशाला के लिये पर्याप्त साधन नहीं होने के कारण एक शिक्षक को उपरोक्त फव्वारे की बनावट को थोड़ा सरल करना पड़ा, ताकि उसे बिना किसी विशेष उपकरण के बनाया जा सके (चित्र 61)। उसने शीशे के गोल बरतनों की जगह साधारण बोतलों का उपयोग किया ग्रौर काँच या धातु की निलयों के बदले उसने रबड़ की निलयां लगायीं। सबसे ऊपर वाले बरतन में छेद करने की भी ग्रावण्यकता नहीं रह गयी: नली के सिरों को चित्र 61 में ऊपर दिखायी गयी विधि से मोड कर रखा जा सकता है।

इस परिवर्तित रूप के कारण उपकरण का उपयोग ग्रौर भी सुविधाजनक हो जाता



चित्र 62. पारे के दबाव से कियाशील फव्वारा। उसकी ऊंचाई पारद-स्तंभों की ऊँचाई के ग्रंतर से दस गुनी ग्रधिक है।

है: जब बोतल b का सारा पानी बरतन a से होता हुआ बोतल c में आ जाता है, तब बोतल b और c के जगहों की अदला-बदली कर देते हैं; फव्वारा पुनः चलने लगता है। स्पष्ट है कि इस किया में फव्वारा देने वाली नली को दूसरी बोतल में लगाना नहीं भूलना चाहिये।

नयी बनावट से दूसरी सुविधा यह है कि इसमें सभी बरतनों की स्थिति ग्रावश्यकतानुसार बदल-बदल कर फव्वारे की ऊँचाई पर बरतनों की ऊँचाई के प्रभाव का ग्रध्ययन किया जा सकता है।

यदि ग्राप चाहते हैं कि फव्वारा कई गुना ऊँचा हों, तो निचले बरतनों में पानी की जगह पारा और हवा की जगह पानी भरना चाहिये (चित्र 62)। ऐसे उपकरण की कार्य-विधि स्पष्ट है: बोतल c में से b में बह कर पारा

उसके पानी को तेजी से ऊपर स्थानांतरित करता है, जिससे पानी फव्वारे की तरह बहने लगता है। हमें ज्ञात है कि पारा पानी की अपेक्षा 13.5 गुना अधिक भारी है, अतः कलन किया जा सकता है कि फव्वारा कितना ऊँचा उटेगा। बरतनों में द्रव-स्तरों की ऊँचाईयों में जो अंतर हैं, उन्हें ऋमशः  $h_1\,h_2\,$ ,  $h_3\,$  से व्यक्त कर लें। अब देखते हैं कि किन बलों के प्रभाववश पारा बरतन c से b में बहता है (चित्र 62)। संयोजक नली में स्थित पारे पर दो तरफ से दबाव पड़ता है। दायें से उस पर पारदस्तंभ  $h_2$  (जो 13.5 गुना अधिक ऊँचे जल-स्तंभ जितना दबाव डालता है) और जल-स्तंभ  $h_1$  का सम्मिलित दबाव पड़ता है और बांयें से जल-स्तंभ  $h_3$  का दबाव पड़ता है। फलस्वरूप पारा 13.5  $h_2+h_1-h_3$ बल के अधीन बहता है।

पर  $\mathbf{h_3} - \mathbf{h_1} \! = \! \mathbf{h_2}$  ; म्रतः  $\mathbf{h_1} - \mathbf{h_3}$  के स्थान पर ऋण  $\mathbf{h_2}$  रखने पर प्राप्त होता है

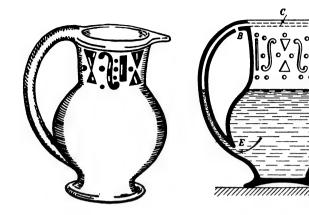
 $13.5 h_2 - h_2$ , ग्रर्थात  $12.5 h_2$ 

ग्रतः पारा बरतन b में  $12.5 h_2$  ऊँचे जल-स्तंभ के भार के दबाव से ग्राता है। सिद्धांततः फव्वारे की ऊँचाई पारद-स्तरों के ग्रंतर  $h_2$  से 12.5 गुनी ग्रधिक होनी चाहिये, पर घर्षण के कारण यह ऊँचाई कुछ कम हो जाती है।

फिर भी इस उपकरण से काफी ऊँचा फव्वारा प्राप्त किया जा सकता है। दस मीटर ऊँचा फव्वारा प्राप्त करने के लिये एक बोतल को दूसरे से सिर्फ एक मीटर ऊँचा रखना काफी रहेगा। हमारे कलन का एक मजेदार निष्कर्ष यह है कि बोतलों से बरतन a की ऊँचाई फव्वारे की ऊँचाई पर कोई असर नहीं डालती।

#### शरारती बरतन

सत्नहवीं-ग्रठारवीं सदी में बड़े लोग दिल्लगी के लिये एक विशेष बरतन रखते थे। इसकी बनावट जग की तरह होती थी ग्रौर इसके ऊपरी भाग में बेल-बूटे के रूप में बड़े-बड़े छेद होते थे (चित्र 63)। किसी नीचे तबके के मेहमान को, जिसका मजाक उड़ाने से कोई नुकसान नहीं होने वाला था,



चित्र 63. XVIII -वीं शती का धोखेबाज जग ग्रौर उसकी बनावट का रहस्य।

इस बरतन में शराब पीने के लिये दी जाती थी। पर कैसे पी जाये? बरतन को झुकाया नहीं जा सकता: शराब छेदों से बहने लगेगी श्रौर मुँह में एक बूंद भी नहीं पड़ेगी। ठीक किस्सों वाली बात हो जायेगी:

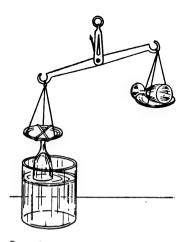
# शहद ग्रौर शराब पी, मूछें भी न शरोबार कीं।

पर जिसे बरतन का राज मालूम था (देखें चित्र 63, दायें), वह उंगली से छेद B बंद कर लेता था ग्रौर बिना बरतन झुकाये टोंटी मुँह में ले कर सुड़कता था। शराब छेद E में घुस कर हत्थे में छिपी नली से होती हुई ऊपर उठती थी ग्रौर नली C से हो कर टोंटी A तक पहुँच जाती थी।

हमारे कुम्हार ग्रभी हाल तक ऐसे बरतन बनाया करते थे। एक घर में मुझे इस तरह का बरतन देखने को मिला था। उसका राज भली-भाँति छिपा हुग्रा था ग्रौर उस पर लिखा था: "पीयो, पर सराबोर न हो"।

## श्रों घे गिलास में पानी का भार कितना होगा?

- कुछ भी नहीं होगा, क्योंकि ऐसे गिलास में पानी टिका नहीं रह सकता; वह गिर जायेगा, - भ्राप कहेंगे।
  - ग्रौर यदि नहीं गिरे? मैं कहता हूँ। तब क्या होगा?



चित्र 64. कौनसा पलड़ा भारी है?

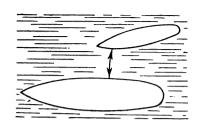
श्रोंधे गिलास में पानी रोकने के लिये सचमुच में एक विधि है, जो चित्र 64 में दिखायी गयी है। गिलास पानी से भर कर पलड़े से श्रोंधा लटका दिया गया है। पानी गिरता नहीं है, क्योंकि गिलास की किनारी पानी में डूबी हुई है। दूसरे पलड़े पर ठीक वैसा ही, पर खाली गिलास रखा गया है। कौन सा पलड़ा भारी होगा? भारी वह पलड़ा होगा, जिससे पानी भरा श्रोंधा गिलास लटका हुआ है। इस गिलास पर ऊपर से पुर्ण वातदाब पडता है, श्रौर नीचे

से ऊपर की स्रोर — वातदाब घटाव गिलास में स्थित पानी के भार के बराबर बल। श्रतः तराजू को संतुलित करने के लिये दूसरे पलड़े पर रखे गिलास को भी पानी से भरना पड़ेगा।

इस प्रकार, उपरोक्त परिस्थितियों में श्रौंधे गिलास के पानी का भार उतना ही होता है, जितना सीधा रखे गिलास में भरे पानी का।

## जहाजों का पारस्परिक ग्राकर्षण

1912 के पतझड़ में "श्रोलिंपिक" नामक स्टीमर के साथ एक घटना घटी। इसकी गिनती उस जमाने के सबसे बड़े जहाजों में होती थी। वह खुले समुद्र में चल रहा था। उसके पथ के समांतर कोई सौ-एक मीटर दूर बख्तरबंद पोत "हाउक" तेजी से भागा जा रहा था। जब दोनों जहाज चित्र 65 की स्थित में श्राये, तो एक श्रप्रत्याशित बात हो गयी: कम श्राकार वाला "हाउक" मानों किसी श्रदृश्य शक्ति के श्रधीन श्रपने पथ से विचलित हो गया श्रौर बड़े जहाज से टकराने को उद्धत हो गया। उसे रोकने के लिये जहाजरान की सारी कोशिशों बेकार होती गयीं। दोनों जहाजों की टक्कर हुई; चोट इतनी शक्तिशाली थी कि श्रोलिंपिक के पार्श्व में बहुत बड़ा छेद हो गया।



.चित्र 65. टक्कर से पूर्व "स्रोलींपिक" स्रोर "हाउक" जहाजों की स्थिति।

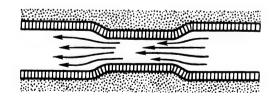
जब सामुद्रिक न्यायालय में मुकदमा चला, तो "ग्रोलिंपिक" के कैप्टेन को दोषी ठहराया गया। फैसले में कहा गया था; जब "हाउक" सामने ग्रा रहा था, "ग्रोलिंपिक" के कैप्टेन ने उसे रास्ता देने के लिये कोई ग्राज्ञा नहीं दी।

स्पष्ट है कि न्यायालय को उक्त घटना में कोई ग्रसाधारण बात

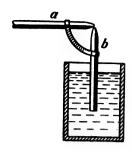
नहीं दिखी। सिर्फ कैप्टेन की गलती मानी गयी। पर यह समुद्ध में जहाजों के पारस्परिक आकर्षण की घटना थी, जिसकी किसी ने कल्पना भी नहीं की होगी।

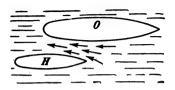
दो जहाजों की समांतर गित के वक्त ऐसी घटना पहले भी होती होगी। पर जबतक बड़े-बड़े जहाज नहीं बनने लगे, यह घटना खुल कर सामने नहीं म्ना रही थी। बड़े जहाजों के बनने पर उनके बीच का म्राकर्षण मधिक स्पष्ट नजर म्नाने लगा। जहाजों के कमांडर म्नब इस बात का खयाल रखने लगे। बड़े-बड़े जहाजों के निकट म्नाने वाले छोटे जहाजों के साथ होने वाली म्नसंख्य दुर्घटनाम्नों का कारण शायद उनका खिंचाव ही रहा होगा।

क्या कारण है इस खिंचाव का? निस्संदेह, न्यूटन का गुरूत्वाकर्षण बल इसका कारण नहीं हो सकता; ग्रध्याय 4 में हम देख चुके हैं कि यह बल बिल्कुल नगण्य है। इस संवृत्ति का कारण बिल्कुल दूसरा है ग्रौर उसे नाले या नली में द्रव-प्रवाह के नियम से समझाया जाता है। यह सिद्ध किया



चित्र 66. विस्तृत स्थान की ग्रपेक्षा नाले के संकीर्ण स्थान पर पानी ग्रधिक तेज बहुता है ग्रीर दीवारों पर कम दबाव डालता है।





चित्र 67. फुहार देने की पिच-कारी।

चित्र 68. दो गतिमान जहाजों के बीच पानी का बहाव।

जा सकता है कि यदि नाले में चौड़े ग्रौर सँकरे भाग हों, तो चौड़े भाग की ग्रंपेक्षा सँकरे भाग में द्रव ग्रधिक तेजी से बहता है ग्रौर नाले की दीवार पर कम दबाव डालता है। चौड़े भाग में द्रव का प्रवाह शांत होता है ग्रौर नाले की दीवारों पर वह ग्रधिक दबाव डालता है (इसका नाम है बर्नूली सिद्धांत)।

यही बात गैसों के लिये भी सत्य है। गैस-सिद्धांत में इस संवृत्ति को इसके आविष्कारकों के नाम पर क्लीमेन-डिजोर्म प्रभाव कहा जाता है। कभी-कभी इसे वायु-स्थैतिक विरोधाभास भी कहते हैं। इसका पता सिर्फ एक संयोग के कारण ही चला था। फ्रांस के एक खान में किसी मजदूर से नीचे की ओर दावयुक्त हवा भेजने वाले सुराख का ढक्कन बंद करने को कहा गया। वह काफी देर तक हवा की धार के साथ संघर्ष करता रहा, पर अचानक ढक्कन स्वयं बंद हो गया और वह भी ऐसी शक्ति से कि यदि ढक्कन पर्याप्त बड़ा नहीं होता, तो भयभीत मजदूर को साथ लिये हुए सुराख में घुस जाता।

स्प्रेयर (फुहारक) का कार्य भी गैस-प्रवाह की इसी विशेषता पर खाधारित है। जब हम नली a में फूँकते है (चित्र 67), तो दूसरे ध्रधिक सँकरे सिरे पर हवा का दबाव कम हो जाता है। फलस्वरूप नली b के ऊपर कम दबाव वाली हवा थ्रा जाती है और वातदाब गिलास के द्रव को नली के सहारे ऊपर उठा देता है। ऊपरी मुहाने पर निकले वक्त द्रव फूँक

से निकली हवा की चपेट में पड़ जाता है और इसीलिये फुहारे का रूप ग्रहण लेता है।

ग्रब हम जहाजों के ग्रापसी खिंचाव का कारण समझ सकते हैं। जब दो जहाज एक दूसरे के समांतर चलते हैं, तो उनके पाश्वों के बीच पानी का नाला सा बन जाता है। साधारण नाले की दीवारें ग्रचल होती हैं ग्रौर उनके बीच पानी बहता रहता है, पर यहां ठीक उल्टा है: इस नाले में पानी स्थिर रहता है ग्रौर उसकी दीवारें (जहाज के पार्श्व) गतिमान होते हैं। पर इससे बलों के कार्य में कोई फर्क नहीं पड़ता। इस संकीण गतिमान नाले की दीवारों को पानी कम शक्ति से दबाता है, बनिस्वत कि जहाजों के गिर्द ग्रधिक विस्तृत स्थानों पर। ग्रन्य शब्दों में, जहाजों के ग्रामने-सामने वाले पाश्वों पर पानी का दबाव कम होता है, बनिस्वत कि उनके वाह्य पाश्वों पर। ग्राप समझ सकते हैं कि इसका परिणाम क्या होगा। जहाज वाह्य जल के दबाव से एक दूसरे की ग्रोर गतिमान हो जायेंगे। स्वाभाविक है कि छोटा जहाज ग्रधिक तेजी से बढ़ेगा ग्रौर बड़े जहाज का स्थानांतरण बहुत धीमा होगा। इसीलिये खिंचाव ग्रधिक स्पष्ट तब दिखता है, जब बड़ा जहाज छोटे के पास से गुजरता है।

इस प्रकार, जहाजों का ग्रापसी खिंचाव प्रवाहमान जल की चूसन किया पर ग्राधारित है। तेज बहाव में नहाने वालों के लिये खतरा ग्रौर भेंवर द्वारा खींचे जाने की किया भी इन्हीं कारणों ढारा समझायी जाती है। हिसाब लगाया जा सकता है कि  $1~\mathrm{m/s}$  वाली ग्रांत क्षिप्रता से बहती नदी का पानी  $30~\mathrm{kg}$  के बल से ग्रादमी को में झधार की ग्रोर खींच ले जा सकता है। इस बल का प्रतिरोध करना सरल नहीं है; विशेषकर पानी में, जहाँ हमारा भार संतुलन बनाये रखने में बिल्कुल काम नहीं देता। ग्रंततः, तेज रेलगाड़ियों ढारा खींचें जाने की किया भी बर्नृली सिद्धांत ढारा समझायी जा सकती है:  $50~\mathrm{km/h}$  के वेग से गितमान गाड़ी निकट खड़े व्यक्ति को करीब  $8~\mathrm{kg}$  के बल से खींचती है।

"बर्नूली सिद्धांत" से संबंधित घटनायें विरल नहीं हैं, पर विशेषज्ञों के श्रितिरिक्त बहुत कम लोग इसे जानते हैं। इसीलिये विस्तारपूर्वक इसका श्रध्ययन करना लाभप्रद रहेगा। श्रगला निबंध इसी विषय से संबंधित हैं श्रीर वह ललित विज्ञान की एक पत्निका में छपा था।

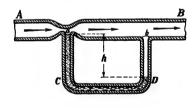
# बर्नूली-सिद्धांत ग्रौर उसके निष्कर्ष

डैनियल बर्नूली द्वारा 1726 में प्रतिपादित सिद्धांत कहता है: पानी या हवा की धार में दबाव स्रिधिक होता है, यदि वेग कम होता है स्रौर दबाव कम होता है, यदि वेग स्रिधक होता है। इस नियम पर लागू होने वाले कुछ प्रतिबंध भी हैं, लेकिन यहाँ हम उन पर गौर नहीं करेंगे।

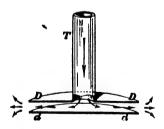
चित्र 69 में उक्त नियम दिखाया गया है।

नली AB में हवा फूँकी जाती है। यदि नली का परिच्छेद कम है (जैसे a पर), तो हवा का वेग ग्रधिक है; जहाँ परिच्छेद ग्रधिक है (जैसे b पर), वहां हवा का वेग कम है। जहां वेग ग्रधिक है, दबाव कम है ग्रौर जहां वेग कम है, दबाव ग्रधिक है। a में हवा के दबाव का मान कम होने के कारण नली c में द्रव का स्तर ऊँचा हो जाता है। b में हवा का दबाव ग्रधिक है, ग्रतः नली b में द्रव का स्तर नीचे है।

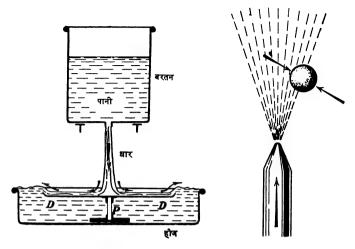
चित्र 70 में नली T तांबे की चकती DD के साथ लगी है। नली T में हवा फूँकने पर वह स्वतंत्र चकती dd के ऊपर से गुजरती है। दोनों चकितयों के बीच हवा का वेग काफी अधिक होता है, पर यह वेग चकितयों की किनारी की अपेर जाने पर कम होता जाता है, क्योंकि वायु-प्रवाह का अनुप्रस्थ काट तेजी से बढ़ता जाता है और चकितयों के बीच से बहती हवा का जड़त्व दिलत होता जाता है। चकिती के गिर्द हवा का दबाव अधिक होता है, क्योंकि उसका वेग कम है। पर चकितयों के बीच हवा



चित्र 69. बर्नूली के सिद्धांत का प्रदर्शन। नली AB के संकीर्ण स्थान (a) में विस्तृत स्थान (b) की ग्रपेक्षा कम दबाव है।



चित्र 70. चकतियों के साथ एक प्रयोग।

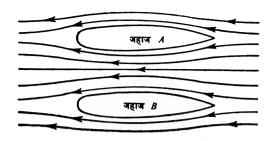


चित्र 71. जब चकती DD पर बरतन चित्र 72. हवा की फुहार का पानी धार के रूप में गिरने लगता पर टिकी हुई गोली। है, तब वह ग्रक्ष P के सहारे ऊपर उठ ग्राता है।

का वेग ग्रधिक होता है श्रीर इसीलिये उसका दबाव कम होता है। फल यह होता है कि चकतियों के बीच की हवा की शक्ति, जो उन्हें श्रलग करने की कोशिश करती है, उन्हें निकट लाने वाली हवा की शक्ति से कम हो जाती है। स्पष्ट है कि इस स्थिति में चकती dd चकती DD की श्रीर खिंच जाती है। यह खिंचाव उतना ही श्रधिक होगा, जितना श्रधिक नली में फूँकी जाने वाली हवा का वेग होगा।

चित्र 71 में चित्र 70 की तरह का ही एक उपकरण दिखाया गया है। चकती DD पर तेजी से बहता हुन्ना पानी चकती की ऊपर मुड़ी किनारी को लांघ कर हौज में स्थित पानी के स्तर तक ऊपर उठ म्नाता है। इसीलिये चकती के नीचे का शांत पानी उसे ऊपर से गिरते पानी की म्रपेक्षा म्रधिक शक्ति से दबाता है, जिसके कारण चकती ऊपर उठ म्नाती है। छड़ P चकती को म्रपने स्थान से इधर-उधर नहीं होने देता।

चित्र 72 में एक हल्की गेंद दिखायी गयी है, जो हवा के प्रवाह पर तैर रही है। जब वह प्रवाह से इधर-उधर होती है, तो इर्द-गिर्द की हवा



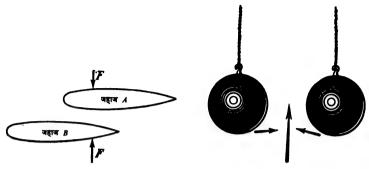
चित्र 73. एक दूसरे के समांतर गतिमान जहाज एक दूसरे की भ्रोर खिंचने से लगते हैं।

उसे पुनः वापस धकेल देती है। यहाँ भी वही कारण है: प्रवाह में हवा का वेग ग्रधिक है, ग्रतः उसका दबाव कम है, पर परिवेशी हवा का वेग कम है ग्रौर इसीलिये उसका दबाव ग्रधिक है।

चित्र 73 में दो जहाज दिखाये गये हैं, जो शांत जल में पास-पास चल रहे हैं। यह स्थित दूसरी स्थित के समतुल्य है, जब दोनों जहाज स्थिर खड़े हों ग्रौर उनके बीच से पानी बह रहा हो। जहाजों के बीच का स्थान संकीणं है ग्रौर उसमें जल का प्रवाह ग्रधिक तेज है, बनिस्वत कि जहाजों के दूरस्थ पाश्वों के पास। इसीलिये जहाजों के बीच में स्थित पानी का दबाव कम होता है ग्रौर उनके दूरस्थ पाश्वों पर पानी का दबाव ग्रधिक होता है। जहाजों के गिर्द स्थित ग्रधिक दबाव वाला पानी उन्हें निकट ला देता है। नौयाती ग्रच्छी तरह से जानते हैं कि पास-पास चलने वाले दो जहाज तेजी से एक दूसरे की ग्रोर खिंचते हैं।

स्थिति श्रौर भी गंभीर होती है, जब एक जहाज दूसरे से कुछ पीछे होता है (चित्र 74)। जहाजों को निकट लाने वाले दो बल F श्रौर F जहाज B को A की श्रोर काफी शक्ति से घुमा देते हैं। इस स्थिति में टक्कर श्रवश्यंभावी होती है, क्योंकि चालक जहाज की दिशा श्रासानी से नहीं बदल पाता।

चित्र 73 से संबंधित संवृत्ति को दूसरी तरह से भी दिखाया जा सकता है: चित्र 75 में रबड़ के दो हल्की गेंदें लटक रही हैं; उनके बीच में फूँक मारने से वे एक दूसरे के निकट म्रा जाती हैं म्रीर टकरा जाती हैं।



चित्र 74. श्रागे बढ़ते वक्त जहाज B जहाज A की श्रोर मुड़ जाता है।

चित्र 75. यदि दो हल्की गेंदों के बीच फूँक मारी जाये, तो वे एक दूसरे के करीब ब्रा जाती हैं; इतना करीब कि सट भी सकती हैं।

## मछली के पेट में बैलून

मछिलयों के पेट में पायी जाने वाली वायु-विस्त के कार्य के बारे में निम्न मान्यतायें हैं, जो सिर्फ सतही दृष्टि से ठीक लगती हैं। गहराई से ऊपर ग्राने के लिये मछिली इस विस्ति को बैलून की तरह फुला लेती है, जिससे उसके शरीर का ग्रायतन बढ़ जाता है ग्रौर उसके द्वारा विस्थापित जल का भार उसके खुद के भार से ग्रधिक हो जाता है। फलतः, उत्प्लवन के नियम से मछिली ऊपर उठ ग्राती है। ऊपर उठना बंद करने के लिये या नीचे गहराई में जाने के लिये मछिली इस विस्ति को पिचकाती है। उसके शरीर का ग्रायतन तथा साथ-साथ उसके द्वारा विस्थापित जल का भार कम हो जाता है ग्रौर ग्राकंमेडिस के नियम से वह तल की ग्रोर उतरने लगती है।

मछली की प्लवन-विस्त के बारे में यह धारणा फ्लोरेंटाइन श्रकादमी (XVII-वीं सदी) के वक्त से ही चली श्रा रही है श्रीर पहले-पहल 1685 में प्रो. बोरेल ने इसे व्यक्त किया था। 200 से श्रधिक वर्षों तक लोग इस सिद्धांत को बिना किसी एतराज के मानते चले श्रा रहे थे। इसे पाठ्य-पुस्तकों में भी स्थान मिल गया था। सिर्फ श्राधुनिक शोधकर्ताश्रों (मोरो, शार्बोनेल) के श्रम से इस सिद्धांत को गलत सिद्ध किया जा सका।

निस्संदेह विस्त का तैरने के साथ घना सबंध है, क्योंकि प्रयोग के लिये शल्यविधि से उसे निकाल देने पर मछलियां सिर्फ अपनी तरिणयों (पूँछ, तरण-पंखियों आदि) को चला-चला कर ही पानी में टिकी रह सकती थीं। यह काम बंद करते ही वे डूब कर तल की ग्रोर जाने लगती थीं। पर विस्तयों की वास्तविक भूमिका क्या है? उनकी भूमिका काफी सीमित है: वे मछलियों के सिर्फ एक विशेष गहराई पर टिके रहने में सहायक होती हैं। यदि मछली तरिणयों की सहायता से थोड़ा नीचे उतर आयेगी, तो पानी के दबाव में वृद्धि स्वयं मछली की विस्त को दबा कर छोटी बना देगी। इससे मछली का आयतन घट जाता है ग्रीर तदनुरूप उसके द्वारा विस्थापित जल का भार भी मछली के भार से कम हो जाता है ग्रीर मछली और तेजी से डूबने लगती है। जितना ही नीचे वह जाती है, पानी का दबाव उतना ही बढ़ता जाता है (हर दस मीटर की गहराई पर दबाब में 1 वातदाब की वृद्धि होती है), उसका शरीर उतना ही पिचकता जाता है श्रीर उसके डूबने का वेग उतना ही तेज होता जाता है।

जब मछली अपने संतुलन वाली गहराई से ऊपर चली आती है, तो उपरोक्त प्रिक्रिया उल्टी हो जाती है। ऊपर पानी का दबाव कम होने लगता है, जिससे वस्ति में स्थित गैस का आयतन बढ़ने लगता है तथा मछली और भी ऊपर चली जाती है। इस किया को मछली "वस्ति के संकोचन" द्वारा नहीं रोक सकती, क्योंकि वस्ति में पेशियाँ नहीं होतीं, जिसकी सहायता से उसे छोटा-बड़ा किया जा सके।

मछिलयों में विस्त का संकोचन या प्रसारण सचमुच में बिना सिक्रय कोशिश के होता है, इसका प्रमाण निम्न प्रयोग से मिलता है। (चित्र 76)। क्लोरोफार्म सुंघा कर बेहोश की गयी ब्लीक मछिली को पानी से भरे एक बंद बरतन में रखा जाता है। बरतन में पानी का दबाव लगभग उतना ही होता है, जितना प्राकृतिक जलाशयों की एक विशेष गहराई पर होता है। पानी की सतह पर मछिली चित निष्क्रिय पड़ी रहती है। थोड़ा नीचे डुबाने पर वह पुनः ऊपर उपल आती है। यदि उसे तल के निकट रखा जाये, तो वह और डूब कर तल पर पैठ जाती है। यदि मछिली को इन दो स्तरों के बीच में रखा जाये, तो वह न तो डूबती है, न उपलती है; वह संतुलन की अवस्था में रहती है। ये बातें विस्त के निश्चेष्ट संकोचन या प्रसारण की मान्यता को सत्य सिद्ध करती हैं।

इस प्रकार, प्रचलित मान्यता के बावजूद भी मछली अपनी प्लवन-वस्ति को प्रसारित या संकुचित नहीं कर सकती। आयतन में परिवर्तन बगैर किसी प्रयत्न के होता है। इसका मुख्य कारण वाह्य दबाव की कमी-बेसी है (बायल-मैरियट नियम के अनुसार)। आयतन में होने वाले इन परिवर्तनों से मछली को फायदा कुछ भी नहीं है, नुकसान अधिक है। इसके कारण या तो वह अविराम त्वरित गति से डूबने लगती है या सतह पर उपलाने के लिये प्रवृत्त होती है। अन्य शब्दों में, वस्ति मछली को निश्चेष्ट स्थित में संतुलन कायम रखने के लिये सहायता देती है, पर यह संतलन टिकाऊ नहीं होता।



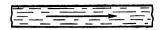
चित्र 76. मछली के साथ प्रयोग।

जहां तक तैरने का संबंध है, मछिलयों के शरीर में वस्ति की वास्तिवक भूमिका यही है। इसका कोई भ्रन्य कार्य भी है या नहीं, इसके बारे में कुछ नहीं कहा जा सकता। इसीलिये इस भ्रंग को रहस्यमय माना जा सकता है। भ्रब तक सिर्फ इसकी जल-स्थैतिकीय भूमिका ही स्पष्ट हो पायी है।

मछुवों द्वारा श्रवलोकित घटनायें भी उपरोक्त बातों की सत्यता सिद्ध करती हैं: गहराई में रहने वाली मछली को जब फँसा कर ऊपर उटाया जाता है, तो वह श्राघे रास्ते में ही जाल से मुक्त हो जाती है। पर वह वापस गहराई में नहीं लौट पाती; सीघे तीर की तरह पानी की सतह पर उपला जाती है। ऐसी ही मछलियों की वस्ति फूल कर मुँह से बाहर दिखायी देने लगती है।

### लहर ग्रीर भंवर

दैनिक जीवन में दिखने वाली ग्रनेक भौतिक संवृत्तियां भौतिकी के सरल नियमों द्वारा नहीं समझायी जा सकती हैं। हवा के बहने पर सागर की उथल-पुथल नित्य देखी जा सकती है, पर स्कूली स्तर की भौतिकी इसे भी



चित्र 77. नली में द्रव का चित्र 78. नली में शांत (लैमीनरी) प्रवाह। विक्षुब्ध (टर्बुलेंट) प्रवाह।

नहीं समझा सकती। श्रौर शांत समुद्र में भी चलते जहाज के श्रग्र-भाग के पास लहरों के प्रकट होने का क्या कारण है? सागर-तट पर रेत लहरदार क्यों होती है? मिलों की चिमनियों से धुर्श्रां गोल चक्कर लगाता हुआ क्यों निकलता है?

इन जैसी संवृत्तियों को समझाने के लिये गैसों व द्ववों में पायी जाने वाली तथाकथित भैंबराकार गित की विशेषताओं को जानना चाहिये। यहाँ हम थोड़ा बहुत भँवरी संवृत्तियों के बारे में बतायेंगे और उनकी मुख्य विशेषताओं का अध्ययन करेंगे। इस विषय पर सविस्तार कुछ नहीं कहा जा सकता, क्योंकि स्कूली पाठ्य-पुस्तकों में भँवरी गित का नाम भी नहीं लिया जाता।

कल्पना करें कि नली में द्रव बह रहा है। यदि द्रव के सभी कण नली के अनुतीर और एक दूसरे के समांतर चल रहे हैं, तो यह द्रव की गित का सरलतम रूप है, जिसे भौतिकविद शांत या "पटलीय" धारा कहते हैं। पर यह स्थिति विरले ही पायी जाती है। अक्सर नली में द्रव की धारा अशांत होती है: नली की दीवारों से उसके अक्ष की ओर भँवरी गित देखने को मिलती है। भौतिकविद इसे विश्व धारा कहते हैं। इस तरह की गित शहर के जल-प्रदाय की निलयों में होती है (यहां पतली निलयों की बात नहीं चल रही है, जिनमें धारा पटलीय होती है)? भँवरी धारा तब उत्पन्न होती है, जब द्रव एक विशेष व्यास वाली नली में एक विशेष वेग से बह रहा होता है। इसे चरम वेग कहते हैं।

नली में द्रव के प्रवाह को दृष्टिगोचर बनाने के लिये पारदर्शक काँच नली का उपयोग किया जाता है श्रौर द्रव में थोड़ा सा कोई हल्का व

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> नली में बहने वाले किसी द्वव का चरम वेग उसकी श्यानता का समानुपाती ग्रौर नली के व्यास का व्युतऋमानुपाती होता है। (सविस्तार देखें वे. एल. किर्पिचेव की पुस्तक "यांत्रिकी पर वार्ता", सातवीं वार्ता।)





चित्र 79. सागर-तट पर पानी की भंवर से रेत पर बनी लहरें।

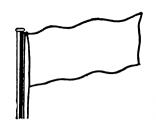
चित्र 80. प्रवाहमान जल में रस्सी की लहरदार गति का कारण भी भंवर ही हैं।

श्रघुलनशील चूर्ण मिला दिया जाता है। तब श्राप साफ-साफ देख सकते हैं कि भँवर नलीकी दीवारों से उठ कर नली के श्रक्ष की ग्रोर प्रवृत्त होते हैं।

भँवरी धारा की यह विशेषता फीज व ग्रन्य शीतकारियों में प्रयुक्त होती है। ठंडी की जाने वाली दीवारों की निलयों में द्वव विक्षुब्ध धारा से बहती रहती है, जिसके कारण उसके हर कण को दीवार के समीप ग्रा कर ग्रपने साथ गर्मी का एक नन्हा ग्रंश ले जाने का ग्रवसर मिलता है। स्मरणीय है कि द्वव ग्रपने ग्राप में ऊष्मा का बुरा चालक होता है ग्रौर यदि उसे हिलोड़ा न जाये, तो उसे ठंडा या गर्म होने में काफी समय लगता है। रक्त ग्रौर उसके द्वारा सराबोर होते रहने वाले तंतुग्रों के बीच ऊष्मा ग्रौर द्रव्य का सिक्रय विनिमय सिर्फ इसलिये संभव होता है, क्योंकि धमनियों में रक्त की धारा पटलीय नहीं, भवरी होती है।

जो कुछ निलयों के बारे में कहा गया है, वह खुली नहरों ग्रीर निदयों के बारे में भी सत्य है। नदी की धारा का शुद्ध नाप लेने वाले उपकरण नदी में (विशेष कर तल के समीप) एक स्पंदन की विद्यमानता बताते हैं। स्पंदन का ग्रयं है कि धारा की दिशा निरंतर बदल रही है, ग्रयांत धारा का रूप भँवर जैसा है। नदी-जल के कण सिर्फ नदी के श्रनुतीर ही नहीं बहते, जैसा कि बहुत से लोग सोचते हैं। वे तट से मध्य की ग्रोर भी चलते रहते हैं। इसीलिये नदी की गहराई में पूरे वर्ष  $+4^{\circ}$ C के बराबर तापक्रम पाये जाने का श्रक्सर एक गलत कारण भी बताया जाता है: पानी पूरी तरह हिलोड़ित होता रहता है, इसीलिये नदी में (झील में नहीं) तल पर वैसा ही तापक्रम रहता है, जैसा कि सतह के पास।

 $<sup>^{1}</sup>$  देखो मेरी पुस्तक "क्या ग्राप भौतिकी जानते हैं?", § 133।



चित्र 81. **हवा में फहरता** झंडा।

नदी के तल पर बनने वाले भैंवर ग्रंपने साथ बालू के हल्के कण भी खींच ले जाते हैं, जिसके कारण वहां रेत की लहरें बनती हैं। यही बात सागर के रेतीले तट पर देखी जा सकती है, जिस पर लहरों के थपेड़े पड़ते रहते हैं (चित्र 79)। यदि तल के पास पानी की धारा शांत होती, तो वहां की रेतीली सतह समतल होती।

इस प्रकार, भँवर जलधारा से पखारे जाने वाले पिंड के पास बनता है। उनकी विद्यमानता किसी रस्सी द्वारा भी दर्शायी जा सकती है, जो पानी की धारा में साँप की तरह लहराती रहती है (यदि उसका एक सिरा बंधा हो श्रौर दूसरा स्वतंत्र हो)। उसके इस प्रकार लहराने का क्या कारण है? रस्सी का वह भाग, जिसके निकट भँवर उत्पन्न होता है, भँवर के साथ चलना शुरू कर देता है; पर दूसरे ही क्षण रस्सी का वह भाग दूसरे भँवर की चपेट में श्रा जाता है, जिसकी गित विपरीत दिशा में होती है। इसीलिये रस्सी साँप की तरह लहराती रहती है (चित्र 80)।

ग्रब द्रव से गैसों की ग्रोर चलते हैं। पानी के बाद हवा की गितयों पर गौर करें। बवंडर या चक्रवात धूल ग्रौर घास-फूस ग्रादि को कैसे ग्रपनी चपेट में लेते हैं, यह सभी ने देखा होगा। यह जमीन के ग्रनुतीर हवा की भँवरी धारा है। जब हवा पानी की सतह के ग्रनुतीर बहती है, तो जिस जगह बवंडर बनता है, वहां हवा का दबाव कम होने के कारण पानी ऊपर उठ ग्राता है ग्रौर तरगें पैदा होती हैं। मरूभूमि ग्रौर बालुकूट पर रेत की लहरों के बनने का कारण यही है (चित्र 82)।

ग्रब ग्राप ग्रासानी से समझ सकते हैं कि हवा में झंडा फहरता क्यों है: उसके साथ भी वही होता है, जो जलधारा में पड़ी रस्सी के साथ होता है। वातदर्शक मुर्गा ठोस पत्तर का बना होता है, इसीलिये वह स्थायी तौर पर एक दिशा नहीं दिखाता। भवर के प्रभाव से वह ग्रपने स्थान पर कंपन करता रहता है। चिमनी से निकलते लहरदार धुएं की उत्पत्ति भी हवा की भवराकार गित से संबंधित है। चिमनी में गैस बवंडर की तरह भवर खाती हुई निकलती है। जड़त्व के कारण उनकी यह गित चिमनी से निकलने के बाद भी बनी रहती है (चिन्न 83)।



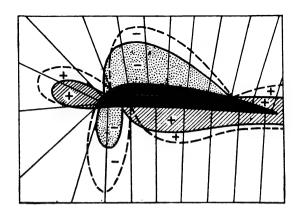


चित्र 82. **मरुभूमि में लहरदार** रेतीली सतह।

चित्र 83. **चिमनी से निकलते धुएं के** थक्के।

हवा की विक्षुब्ध गित विमानन के लिये बहुत बड़ा महत्त्व रखती है। हवाई जहाज के डैनों का रूप ऐसा होता है कि उनके नीचे स्थित विरल हवा का स्थान डैने स्वयं ले लेते है श्रीर डैनों पर हवा का भँवरी प्रभाव तीव्र हो जाता है। फल यह होता है कि डैनों को नीचे से टेक मिलती रहती है श्रीर साथ ही वे ऊपर की श्रीर खिंचे जाते हैं (चित्र 84)। पिक्षयों के पंख फैलाये मंडराने की किया में भी ऐसी ही बात देखने को मिलती है।

छप्पर हवा में कैसे उड़ जाता है? भँवर छप्पर के ऊपर हवा को विरल बना देता है श्रौर वहां दबाव कम हो जाता है। छप्पर के नीचे की हवा इस कमी को पूरी करने के लिये ऊपर उठती है श्रौर छप्पर पर नीचे से दबाव डालती है। परिणाम यह होता है कि हल्का श्रौर कमजोर छप्पर हवा के साथ उड़ चलता है। इन्हीं कारणों से खिड़कियों में लगे बड़े शीशे भीतर से दब कर (वाह्य दबाव से नहीं) निकल ग्राते हैं। पर इन संवृतियों को सीधा-सीधी गतिमान वायु में दबाव की कमी से समझाया जा सकता है (दे. ऊपर "बर्न्ली सिद्धांत," पृ. 140)।



चित्र 84. विमान के डैने पर कौनसे बल कियाशील रहते हैं। हवा के दबाव (+) श्रौर उसकी विरलता (-) का डैने पर वितरण प्रयोगों द्वारा प्राप्त होते हैं। टेक देने वाले श्रौर श्रपनी श्रोर खींचने वाले सभी बलों की किया के परिणाम से विमान ऊपर की श्रोर खिंचता है। (सतत रेखायें दबाव का वितरण दखाती हैं; छिन्न रेखायें भी वही दिखाती हैं, जब विमान के वेग में तेजी से वृद्धि होती है।)

जब भिन्न तापक्रमों वाली हवा की धारायें एक दूसरे को स्पर्श करती हुई बहती हैं, तो उनमें से प्रत्येक में भँवर बनते हैं। बादलों की श्रनेकानेक भाकृतियां भिक्षांगतः इन्हीं कारणों से उत्पन्न होती हैं।

इस प्रकार हम देखते हैं कि भँवरी धारा का अनेक संवृत्तियों के साथ संबंध है।

### पृथ्वी की गहराइयों में

जमीन में 3.3 km से म्रधिक गहरा कोई नहीं गया है, जबिक पृथ्वी की तिज्या 6400 km है। कहना नहीं होगा कि केंद्र तक पहुँचने के लिये रास्ता काफी लंबा है। पर जूल वेर्न की कल्पनाशक्ति "पृथ्वी-केंद्र की याता" नामक उपन्यास के पात्रों — झक्की प्रोफेसर लिडेनब्रोक म्रौर उनके भतीजे म्राक्सेल — को पृथ्वी के केंद्र तक पहुँचा देती है। इस उपन्यास में जूल वेर्न भूगत यात्राम्रों का म्राक्ययंजनक विवरण दिया है।

पृथ्वी के गर्भ की विचिन्नताग्रों में से एक बात थी — हवा के घनत्व में वृद्धि। ऊपर उठने पर हवा का तेजी से विरलन होता है: यदि ग्राप समांतर श्रेढ़ी के कम से ऊपर चढ़ रहे हैं, तो हवा के घनत्व में ह्रास गुणोत्तर श्रेढ़ी के कम से होता है। इसके विपरीत, सागर-स्तर से नीचे उतरने पर ऊपर स्थित परतों का दबाव बढ़ता जाता है ग्रौर इसीलिये हवा घनी होती जाती है। भूगत याती इस महत्त्वपूर्ण बात को कैसे नहीं देखते!

वैज्ञानिक चचा और उनके भतीजे के बीच की एक बात-चीत सुनें, जो 12 ली (48 km) की गहराई में चल रही है:

- "-देखो तो, मैनोमीटर क्या बता रहा है? चाचा ने पूछा।
- दबाव बहुत शक्तिशाली है।
- ग्रब तो तुम देख रहे हो कि थोड़ा-थोड़ा करके उतरने से हम घनित हवा के ग्रादी होते जा रहे हैं ग्रौर उससे हमें कोई तकलीफ नहीं हो रही है।
  - -यदि कान दुखने की बात छोड़ दें।
  - यह छोटी-मोटी बात है!
- खैर, चाचा का विरोध नहीं करने के लिये मैंने कहा। -घनित हवा में एक तरह से मजा भी आ रहा है। आपने ध्यान दिया कि इसमें भ्रावाज कितनी प्रबल होती है?
  - ग्रौर नहीं तो क्या। इस वातावरण में तो बहरा भी सुनने लगेगा।
- लेकिन हवा घनी होती जा रही है। कहीं वह पानी जितनी घनी तो नहीं हो जायेगी?
  - हाँ ; 770 वातदाब पर।
  - ग्रौर इससे भी नीचे जायें तो?
  - घनत्व ग्रौर बढ जायेगा।
  - फिर हम नीचे कैसे उतरेंगे?
  - जेबों में पत्थर भर लेंगे।
  - ग्रापके पास तो हर सवाल का जवाब है!

मैंने म्रागे छान-बीन बंद कर दी। डर रहा था कि कहीं चाचा को नाराज करने वाली कोई बाधा मेरे दिमाग में न म्रा जाये। पर इतना तो स्पष्ट ही था कि कुछेक हजार वातदाब पर हवा ठोस म्रवस्था में ग्रा जायेगी ग्रौर तब हमें यात्रा समाप्त करनो ही पड़ेगी, चाहे हम उसके दबाव को सहन भी क्यों न कर लें। यहां बहस से कुछ नहीं मिलेगा।"

#### कल्पना ग्रीर गणित

उपन्यासकार ने यह विवरण दिया है। पर यदि हम इस ग्रवतरण में दिये गये तथ्यों की जांच करेंगें, तो कुछ ग्रौर ही बात मिलेगी। इसके लिये हमें पृथ्वी की गहराइयों में नहीं उतरना होगा; सिर्फ भौतिकी की एक छोटी सी यात्रा करनी होगी ग्रौर इसके लिये कागज-पेंसिल से ग्रधिक कुछ भी नहीं चाहिये।

सबसे पहले यह निर्धारित करने का प्रयत्न करते हैं कि वातावरण के दबाव में 1000 - वें ग्रंश की वृद्धि के लिये किस गहराई तक उतरना होगा। वातावरण का साधारण दबाव 760 मिलिमीटर ऊँचे पारद-स्तंभ के दबाव के तुल्य होता है। यदि हम हवा की बजाय पारे में डूबे रहते, तो हमें सिर्फ 760/1000 = 0.76 mm की गहराई पर उतरना होता; यहां दबाव में हजारवें ग्रंश की वृद्धि हो जाती। हवा में बेशक इससे कहीं ग्रधिक गहरा उतरना होगा; इतना गुना ग्रधिक गहरा, जितना गुना पारा हवा से भारी होता है। पारा हवा से 10500 गुना ग्रधिक भारी है। मतलब कि हमें दबाव में हजारवें ग्रंश की वृद्धि का ग्रवलोकन करने के लिये 0.76 mm नहीं  $0.76 \times 10500$ , ग्रर्थात् लगभग 8 m की गहराई पर उतरना होगा। इसी प्रकार से जब हम 8 m ग्रौर नीचे उतरेंगे, तब वात के दबाव में एक ग्रौर हजारवें ग्रंश की वृद्धि हो जायेगी, ग्रादि। 10000 किसी भी स्तर पर हम क्यों न हों—चाहे वातावरण की ऊपरी सतह पर (10000), या एवरेस्ट की चोटी पर 100000 या सागर-स्तर के पास,—वातावरण के दबाव में

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> हवा की ग्रगली 8 मीटर मोटी परत पिछली परतों से ग्रधिक घनी होगी, ग्रतः दबाव के सांख्यिक मान में पिछली की ग्रपेक्षा ग्रधिक वृद्धि होगी। पर उसे ग्रधिक होना भी चाहिये, क्योंकि यहां हजारवां ग्रंश एक बड़े मान से लिया जा रहा है।

हजारवें ग्रंश की वृद्धि पाने के लिये हमें 8 m नीचे उतरना होगा। म्रतः गहराई में हवा के दबाव की वृद्धि के लिये निम्न सारणी प्राप्त होती है:

पृथ्वी तल पर दबाव 760 mm = साधारण वातदाब 8 m की गहराई »  $\Rightarrow 1.001$  साधारण वातदाब का  $2 \times 8$  » »  $\Rightarrow = (1.001)^2$  » »  $\Rightarrow 3 \times 8$  » »  $\Rightarrow = (1.001)^8$  » »  $\Rightarrow = (1.001)^4$  » »

भीर व्यापक रूप में  $h \times 8 \, \mathrm{m}$  की गहराई पर हवा का दबाव साधारण  $(1.001)^h$  गूना अधिक होगा; अभैर जबतक दबाव बहुत अधिक नहीं बढ़ जाता, हवा के घनत्व में भी इतनी ही गुनी वृद्धि होगी (मैरियट का िगग)।

ध्यान देने योग्य है कि उपन्यास में पृथ्वी की सतह से सिर्फ 48 km नीचे की बात चल रही है और इसीलिये गुरुत्व बल में कमी और इससे संबंधित हवा के भार में कमी को नगण्य माना जा सकता है।

धय घंदाज किया जा सकता हैं कि जूल वेर्न के भूगत यात्री  $48 \,\mathrm{km}$  (48000) m की गहराई पर कितना दबाव अनुभव कर रहे थे। हमारे सूत्र । h बराबर है 48000/8 = 6000। ग्रतः  $1.001^{6000}$  का मान ज्ञात करना होगा। पूँाक 1.001 को अपने ग्राप से 6000 बार गुना कराना काफी प्रबाग ताला कार्य है और इसमें काफी समय लगेगा, इसलिये लघुगणकों की गहायता लेनी होगी, जिनके बारे में लैप्लेस ने ठीक ही कहा था कि वे कालावार्य के श्रम को कम करके उसकी जिंदगी दुगुनी बढ़ा देते हैं।  $^1$ 

<sup>े</sup> शिशालय से ही जो लघुगणकों की सारणी से नफरत करने लग गये

है, व शायद महान फांसीसी ज्योतिर्विद के शब्दों को पढ़ने के बाद प्रपना
निवार बदल लेंगे। यह प्रवतरण "विश्व-संरचना का वर्णन" कृति से लिया
गगा है: "लघुगणकों का प्रविष्कार महीनों के कलन-श्रम को चंद दिनों में
पूरा कर यदा लंबे कलनों में रत ज्योतिर्विदों की श्रायु को एक तरह से
गुग्ती कर देता है, उन्हें गलतियों व थकावट से बचाता है। यह श्राविष्कार
गागत विश्व का यशगान है, क्योंकि यह पूर्णतया इसी (अर्थात् बुद्धि)
न) गाम है। तकनीक में श्रपने सामर्थ्य को बढ़ाने के लिये मनुष्य परिवेश

विचाराधीन व्यंजन का लघुगणक लेने पर उसके मान का लघुगणक प्राप्त होता है :

$$6000 \times \lg 1.001 = 6000 \times 0.00043 = 2.6$$

सारणी से देखते हैं कि 2.6 किस संख्या का लघुगणक है; यही इष्ट मान है ग्रीर यह 400 के बराबर है।

इस प्रकार, 48 km की गहराई पर वातावरण का दबाव साधारण से 400 गुना अधिक है। प्रयोग दिखाते हैं कि इस दबाव पर हवा का घनत्व 315 गुना बढ़ जाता है। इसीलिये यह निहायत संदेहजनक है कि यात्रियों को कान में दर्द के अतिरिक्त और कोई कष्ट नहीं महसूस हो रहा था। पर जूल वेर्न के उपन्यास में 120 और 325 km की गहराई पर भी यात्रा का वर्णन किया गया है। यहां हवा का दबाव भयानक रूप से अधिक होना चाहिये, क्योंकि आदमी तीन-चार वातदाब से अधिक दबाव बिना किसी खतरा के नहीं सहन कर सकता।

यदि इसी सूत्र पर हम कलन करें कि किस गहराई पर हवा पानी जितनी, अर्थात् 770 गुनी अधिक घनी हो जाती है, तो हमें संख्या मिलती: 53 km। पर यह परिणाम सही नहीं है; क्योंकि अत्यधिक दबाव पर गैंस का घनत्व उसके दबाव का समानुपाती नहीं होता। मैरियट का नियम सिर्फ उस स्थिति के लिये सही है, जब दबाव बहुत ज्यादा न हो या कुछेक सौ वातदाब से अधिक न हो। प्रयोग द्वारा प्राप्त हवा का घनत्व निम्न है:

| दबाव        |          | घनत्व |
|-------------|----------|-------|
| 200         | वातदाब   | 190   |
| 400         | >        | 315   |
| <b>6</b> 00 | >        | 387   |
| 1500        | <b>»</b> | 513   |
| 1800        | *        | 540   |
| 2100        | <b>»</b> | 564   |
|             |          |       |

की प्राकृतिक शक्तियों व पदार्था का उपयोग करता है पर लघुगणकों में पूर्णतया उसकी बुद्धि व्यक्त होती है। "

धनत्व के बढ़ने का दर, जैसा कि देख रहे हैं, दबाव में वृद्धि के दर से काफी कम है। जूल वेर्न का वैज्ञानिक बेकार ही उस गहराई तक पहुँचने की उम्मीद कर रहा था, जहां हवा पानी से ग्रधिक घनी होती। पानी जितना घनत्व हवा सिर्फ 3000 वातदाब पर प्राप्त करती है ग्रौर इसके बाद उसमें शायद ही कोई संकोचन हो पाता है। हवा को  $146^\circ$  से भी कम तापक्रम तक ठंडा किये बिना उसे ठोस में परिणत करने का प्रश्न ही नहीं उठता।

जूल वेर्न के साथ श्रन्याय न हो, इसके लिये उल्लेखनीय है कि उनका उपन्यास उपरोक्त तथ्यों के प्रकाश में ब्राने के बहुत पहले छपा था, पर इससे कथानक को सत्य नहीं माना जा सकता।

ऊपर दिये गये सूत्र का उपयोग कर के यह भी ज्ञात कर लें कि स्वास्थ्य को बिना कोई खतरा पहुँचाये ब्रादमी कितनी गहराई पर जा सकता है। हमारा शरीर 3 वातदाब से ब्रिधिक का दबाव सहन नहीं कर सकता। इष्ट गहराई को x द्वारा द्योतित करने पर समीकरण प्राप्त होता है:  $(1.001)^{x/8} = -3$ । लघुगणक ले कर x का मान ज्ञान करते हैं: x = 8.9 km।

इस प्रकार, ब्रादमी लगभग 9 km की गहराई पर रह सकता है। यदि प्रशांत महासागर श्रचानक सूख जाये, तो लोग उसके तल पर कहीं भी रह लेते।

### गहरे खान में

पृथ्वी के केंद्र के सबसे नजदीक कौन लोग गये हैं (उपन्यासकार की कल्पना में नहीं, वास्तविकता में)? ये हैं खान में काम करने वाले मजदूर। हमें ज्ञात हो चुका है कि दुनिया का सबसे गहरा खान दक्षिणी ग्रफीका में खोदा गया है (दे. ग्रध्याय 4)। उसकी गहराई 3 km से भी ग्रधिक है। यह बोरिंग मशीन द्वारा वेधित गइराई नहीं है; मशीन की छेनी 7.5 km गहरी जा चुकी है। यह वह गहराई है, जहां ग्रादमी पहुँच चुके हैं ग्रीर काम कर रहे हैं। उदाहरण के लिये देखें कि मोरो वेल्खो के खान (जिसकी गहराई करीब 2300 m है) के बारे में फंसीसी लेखक डा. त्यूक ड्यूर्टेन के व्यक्तिगत ग्रनुभव क्या हैं:

"स्वर्ण का विख्यात खान मोरो-वेल्खो रियो-दे-जेनेरे से 400km की दूरी पर है। चट्टानी इलाके में 16 घंटे की रेलयाता के बाद

ग्राप जंगलों से घिरी एक गहरी घाटी में पहुँचते हैं। यहां एक श्रंग्रेज कंपनी इतनी गहराई में से सोना निकाल रही है, जितनी गहराई में ग्राज तक कोई भी श्रादमी नहीं गया है।

खान में उतरने के लिये कूप थोड़ा तिरछा है। इसके बाद खान है, जो छे चरणों में बनी है। उदग्र खान कूप जैसे हैं ग्रौर क्षैतिज — सुरंग जैसे। यह ग्राधुनिक समाज का ही विशेष लक्षण है कि पृथ्वी में सबसे गहरा छेद, जो हमारे ग्रह में प्रविष्ट होने के लिये मनुष्य का सबसे साहसी प्रयत्न माना जा सकता है, स्वर्ण की प्राप्ति के लिये बनाया गया है।

मजदूरों की किरिमची वर्दी ग्रौर चमड़े का जैकेट पहन लीजिये। सावधानी रखें: कुएं में गिरने वाला एक नन्हा सा कंकड़ भी ग्रापको चोट पहुंचा सकता है। खान के "कैंप्टेनों" में से एक ग्रापका साथ देंगे। ग्राप प्रथम सुरंग में प्रविष्ट होते हैं। वह ग्रच्छी तरह से प्रकाशमान किया गया है।  $4^\circ$  ठंडी हवा ग्रापको सिहराने लगती है; यह गहरी खानों को ठंडा रखने के लिये संवातन है।

धातु के संकीर्ण पिंजड़े में 700m गहरे प्रथम कूप को पार कर के म्राप दूसरे सुरंग में पहुँचते हैं। इसके बाद म्राप दूसरे कुंए में उतरना मुरू करते हैं। हवा धीरे-धीरे गर्म होने लगती है। म्रब म्राप सागर-स्तर से नीचे हैं।

श्रगले कुंए में गर्म हवा श्रापके चेहरे को झुलसाना शुरू करती है। पसीने से लथपथ नीची सुरंग में झुक कर चलते हुए श्राप उस श्रोर बढ़ते हैं, जहां से खोदने वाली मशीनों के गर्जन की श्रावाज श्रा रही होती है। घनी धूल में छिपे श्रघनंगे लोग काम कर रहे हैं; उनके शरीर से पसीने की धारायें बह रही हैं, हाथ लागातार एक दूसरे को पानी की बोतल थमा रहे हैं। श्रभी-श्रभी खोदे गये श्रयस्क के टुकड़ों को छूने की कोशिश मत कीजिये: उनका तापक्रम 57° है।

इस भयानक, घृणित वास्तविकता की उपज क्या है? — दिन में करीब 10 किलोग्राम सोना। $^{"1}$ 

¹ रूसी साप्ताहिक "विदेश", 1933 № 13 में।

खान के तल पर भौतिक परिस्थितियों व मजदूरों के शोषण का वर्णन करते वक्त फांसीसी लेखक ने उच्च तापक्रम पर तो ध्यान दिया है, लेकिन हवा के ऊँचे दबाव के बारे में कुछ भी नहीं लिखा है। कलन करें कि 2300 m की गहराई पर वह कितना होगा। यदि तापक्रम उतना ही रहता, जितना पृथ्वी के तल पर रहता है, तो हमारे परिचित सूत्र के अनुसार हवा का घनत्व बढ़ जाता।

$$(1,001)^{\frac{2300}{8}} = 1.33$$
 गुना ।

पर वास्तविकता में तापक्रम स्थिर नहीं रहता, वह बढ़ता जाता है। इसीलिये हवा का घनत्व इतना अधिक नहीं, बहुत कम बढ़ता है। फलस्वरूप खान के तल पर हवा का घनत्व पृथ्वी-तल के समीप की हवा के घनत्व से बहुत अधिक फर्क नहीं रखता। दोनों में उतना ही अंतर होता है, जितना जाड़े की बर्फीली हवा और गर्मियों की लू भरी हवा के घनत्वों में। इससे स्पष्ट हो जाता है कि खान के अतिथि ने इस बात पर क्यों नहीं ध्यान दिया।

पर ऐसी गहरी खानों में ब्राईता बहुत ब्रधिक होती है, जिसके कारण ब्रधिक तापक्रम पर वहां टिकना ब्रसह्य हो जाता है। एक ब्रफीकन खान (योगान्सबुर्ग) में, जिसकी गहराई  $2553\,\mathrm{m}$  है,  $50^\circ$  की गर्मी में ब्राईता 100% तक पहुँच जाती है। ब्राजकल यहां "कृतिम जलवायु" बना कर रखा जाता है। इसके शीतकारी उपकरण का प्रभाव 2000 टन बर्फ के तुल्य है।

# गुब्बारे में

ग्रबतक हम कल्पना में पाताल की यात्रा कर रहे थे, जिसमें गहराई पर हवा के दबाव की निर्भरता को व्यक्त करने वाला सूत्र हमारी सहायता कर रहा था। ग्रब ग्राकाश में जा कर इस सूत्र की सहायता से देखें कि बड़ी ऊँचाइयों पर हवा का दबाव कैसे बदलता है। इस स्थिति में सूत्र का रूप निम्न होगा:

$$p = 0.999^{\frac{h}{8}}$$

जहां p-हवा का दबाव है श्रीर h-मीटरों में ऊँवाई। सूत्र में संख्या 1.001 की जगह भिन्न 0.999 रखा गया है, क्योंकि 8 मीटर ऊपर स्थानांतरित होने पर दबाव में 0.001 की वृद्धि नहीं, बल्कि कमी होती है।

शुरूत्रात के लिये यह प्रश्न हल करें: किस ऊँचाई पर हवा का दबाव घट कर **ग्राधा** हो जायेगा?

इसके लिये सूत्र में p की जगह 0.5 रख कर h का मान ढूंढ़ते हैं। प्राप्त होता है निम्न समीकरण:

$$0.5 = 0.999^{\frac{h}{8}}$$

जिन पाठकों को लघुगणकों का उपयोग करना म्राता है, वे म्रासानी से इस समीकरण को हल कर सकते हैं। उत्तर  $h=5.6~\mathrm{km}$  ही वह ऊँचाई है, जहां हवा का दबाव घट कर म्राधा हो जायेगा।

ग्रब ग्रीर ऊपर चलें। 19 से 22 km की ऊँचाई पर, जहां साहसी सोवियत विमानचालक पहुँच सके हैं, तथाकथित "स्ट्रैटोस्फेयर" है। इसीलिये इन ऊँचाइयों तक पहुँचने के लिये प्रयुक्त गुब्बारे को एयरोस्टैंट नहीं, स्ट्रैटोस्टैंट (या स्ट्रैटो गुब्बारा) कहते हैं। मैं नहीं सोचता कि बुजुर्ग पीढ़ी के लोगों में ऐसा ग्रादमी मिलेगा, जिसने सोवियत स्ट्रैटो गुब्बारों "USSR" व "OAX-1" का नाम नहीं सुना होगा। 1933 में इन्होंने ऊँचाइयों पर पहुँचने के नये कीर्त्तामान (क्रमश: 19 km व 22 km) स्थापित किये थे।

कलन किया जाये कि इन ऊँचाइयों पर वातावरण का दबाव कितना होगा।

हम पायेंगे कि 19 km की ऊँचाई के लिये हवा का दबाव होना चाहिये

$$0.999^{\frac{19000}{8}} = 0.095$$
 वातदाब = 72 mm

ग्रौर 22 km की ऊँचाई के लिये

$$0.999^{\frac{22000}{8}} = 0.066$$
 वातदाब = 50 mm.

पर यदि स्ट्रैंटो गुब्बारों के यात्रियों की डायरी देखी जाये, तो पता चलेगा कि उन्होंने उक्त ऊँचाइयों पर कुछ दूसरा ही दबाव नोट किया था: 19 km की ऊँचाई पर 50 mm स्नौर 22 km की ऊँचाई पर 45 mm । पर हमारे कलन के साथ इसका मेल क्यों नहीं बैठता? कहाँ हमने गलती की है?

इतने कम दबाव की स्थिति में गैसों के लिये मैरियट का नियम बिल्कूल लागू किया जा सकता है, पर हम यहाँ एक दूसरे प्रकार की भूल कर बैठे हैं: हमने यह मान लिया कि हवा का तापक्रम पूरे 20 km की ऊँचाई तक समान रहती है; पर वास्तविकता में हवा का तापक्रम ऊँचाई के साथ-साथ घटता है। माना जाता है कि एक किलोमीटर ऊँचा जाने पर तापक्रम श्रोसतन 6.5° नीचे उतर श्राता है। यह बात सिफं 11 km तक की ऊँचाई के लिये सत्य है, जहां तापक्रम शून्य से 56° नीचे रहता है। इसके बाद काफी ऊँचाई तक तापक्रम लगभग श्रपरिवर्तित रहता है। यदि इन तथ्यों को घ्यान में रखा जाये (लेकिन यह सरल गणित की विधियों से संभव नहीं है), तो परिणाम वास्तविकता से कहीं श्रधिक मिलते-जुलते नजर श्रायेंगे। इन्हीं कारणों से इसके पहले गहराई पर दबाव के लिये दिखाये गये कलनों को भी लगभगी ही मानना चाहिये।

# म्रध्याय 7

# ताप-संवृत्तियां

#### पंसा

पंखा झलने पर निस्संदेह शीतलता का ग्रनुभव होता है। कमरे में स्थित ग्रन्य लोगों के लिये यह बिल्कुल हानिकर नहीं है; उल्टा, लोग ठंडी हवा के लिये ग्रापके कृतज्ञ ही होंगे।

ग्रब देखें कि यह कहां तक सही है। पंखा झलने पर हमें शीतल क्यों लगता है? हमारे चेहरे के निकट की हवा धीरे-धीरे गर्म हो जाती है। फिर यह ग्रदृश्य नकाब चेहरे को "गर्म" करने लगती है, ग्रर्थात् शरीर से ताप-हानि की किया मंद करने लगती है। यदि हमारे गिर्द हवा स्थिर है, तो चेहरे के पास स्थित हवा की गर्म परत ठंडी व भारी हवा द्वारा बहुत धीरे-धीरे ऊपर की ग्रोर विस्थापित होती है। जब हम पंखा झलते हैं, तो चेहरे के पास की गर्म हवा दूर हो जाती है ग्रौर दूसरी जगह की ठंडी हवा चेहरे को स्पर्श करने लगती है ग्रौर हमारे शरीर की गर्मी दूर ले जाने लगती है। शीतलता की ग्रनुभूति का यही कारण है।

इसका मतलब है कि पंखा झल कर हम श्रपने शरीर के पास की गर्म हवा को श्रपेक्षाकृत ठंडी हवा द्वारा विस्थापित करते रहते हैं।

पंखा हवा के स्थानांतरण की किया को तेज कर देता है, जिससे कमरे में शीघ्र ही हवा का तापक्रम एक जैसा हो जाता है। इसका मतलब है कि पंखा वाला व्यक्ति ग्रापने लाभ के लिये दूसरे लोगों को घेर कर रखने वाली ठंडी हवा का इस्तेमाल करता है। पंखे के सार्थक प्रभाव के लिये एक ग्रीर बात का महत्व है, जिसके बारे में हम हभी बताने जा रहे हैं।

# हवा में ठंड क्यों लगती है?

सभी जानते हैं कि बर्फीली ठंड सहन करना श्रासान है, यदि हवा नहीं बह रही हो। पर सभी इसका सही कारण नहीं समझते। तेज हवा में प्रधिक ठंड की अनुभूति सिर्फ सजीव आणियों को ही होती है: थर्मोमीटर का पारा हवा लगने से नीचे नहीं उतरता। बर्फीली ठंड में हवा बहने पर तेजी से ठंडक लगने का कारण यह है कि शरीर से (विशेष कर उसके खुने भागों से) कहीं अधिक गर्मी निकल कर वातावरण में लीन हो जाती है, बिनस्वत कि शांत मौसम में, जब शरीर द्वारा गर्म की गयी हवा नयी ठंडी हवा से इतनी जल्द विस्थापित नहीं हो पाती। हवा जितनी ही तेज होगी, प्रति मिनट उसकी उतनी ही अधिक मात्रा शरीर की सतह को स्पर्श करती हुई निकलेगी और इसके फलस्वरूप शरीर से प्रति मिनट ताप-हानि की मात्रा भी उतनी ही अधिक होगी। तेज ठंड की अनुभूति के लिये यही पर्याप्त है।

लेकिन एक कारण और है। हमारी चमड़ी से वाष्प के रूप में हमेशा ग्राद्रंता निकलती रहती है। वाष्पीकरण के लिये ताप चाहिये; वह हमारे गरीर से मिलता है श्रौर हमारे शरीर की निकटवर्ती हवा की परत से (यिद हवा स्थिर है, तो) वाष्पीकरण बहुत मंद होता है, क्योंकि चमड़ी के पास की हवा वाष्प से जल्द ही संतृष्त हो जाती है (ग्राद्रंता से संतृष्त हवा में वाष्पीकरण की किया तीव नहीं होती)। पर यदि हवा प्रवाहमान है ग्रौर चमड़ी को स्पर्श करती हुई नयी-नयी हवा गुजरती रहती है, तो वाष्पीकरण की गति ग्रापनी प्रचंडता बनाये रखती है; वह मंद नहीं होती। श्रौर इसके लिये ग्रधिक ताप खर्च होता है, जो हमारे शरीर से ही खींचा जाता है।

हवा की शीतकारी शक्ति कितनी बड़ी है? वह हवा के वेग और तापक्रम पर निर्भर करती है और जितना लोग सोचते हैं, उससे कहीं अधिक प्रचंड है। एक उदाहरण देता हूँ, ताकि आपको इस शक्ति का कुछ अंदाजा मिल सके। मान लें कि हवा का तापक्रम  $+4^{\circ}$  है और वह शांत है। इस परिस्थित में हमारी चमड़ी का तापक्रम  $31^{\circ}$  होता है। यदि हल्का समीरण हो, जो पताके में सिहरन सी गित उत्पन्न करे, पर पित्तयों को नहीं हिलाये (जब हवा का वेग 2m/s हो) तो चमड़ी का तापक्रम  $7^{\circ}$  नीचे उतर आता है। यदि पताका फहर रहा हो, अर्थात हवा का वेग 6m/s हो, तो चमड़ी के तापक्रम में  $22^{\circ}$  की कमी आ जाती है; उसका तापक्रम  $9^{\circ}$  हो जाता है! ये तथ्य नि. नि. कालीचिन की पुस्तक "चिकित्साशास्त्र में वातावरण की भौतिकी के उपयोग का आधार" से लिये गये हैं; इसमें आप अनेक रोचक बातें जान सकते हैं।

ग्रतः कितनी ठंड लग रही है, यह सिर्फ तापक्रम पर ही नहीं, हवा के वेग पर भी निर्भर करता है। एक ही तापक्रम पर मास्को की ग्रपेक्षा लेनिनग्राद में ग्रधिक ठंड महसूस होती है, क्योंकि वहां बाल्टिक समुद्ध के तट पर हवा का वेग 5-6 मीटर प्रति सेकेंड होता है। मास्को में हवा का ग्रौसत वेग सिर्फ 4.5 m/s है। बैकाल झील के पार ठंड सहन करना ग्रौर भी सरल है, क्योंकि वहां हवा का वेग सिर्फ 1.3 m/s होता है। पूर्वी साइबेरिया की ठंड इतनी कड़ाके की नहीं होती, जितना हम सोचते हैं। दरग्रसल हम युरोप की तेज हवा के ग्रादी हो गये हैं, जबिक बैकाल के पार हवा का वेग नहीं के बराबर होता है।

#### मरू का ऊष्म उच्छ्वास

पिछले निबंध को पढ़ने के बाद शायद पाठक कहेंगे: "इसका मतलब है कि हवा बहने पर कड़ी गर्मी में भी शीतलता का ग्रनुभव होना चाहिये। फिर मरूभूमि के यात्री मरू के गर्म उच्छवास की बात क्यों करते है?"

इस विरोधाभास का कारण यह है कि उष्णकिट की जलवायु में हवा हमारे शरीर से ध्रिषक गर्म होती है। अतः इसमें आश्चर्य नहीं होना चाहिये कि वहां हवा बहने पर लोगों को शीतलता की बजाय और अधिक गर्मी महसूस होती है। वहां ताप हमारे शरीर से हवा में नहीं जाता, बिल्क उल्टा हवा से हमारे शरीर में आता है। इसीलिये हमारे शरीर की सतह को प्रति मिनट जितनी ही अधिक हवा स्पर्श करेगी, हम उतनी ही अधिक गर्मी अनुभव करेंगे। यह सच है कि ऐसी स्थिति में शरीर से आईता के वाष्पीकरण की किया तीन्न हो जाती है। पर इस किया में जितना ताप खर्च होता है, उससे कहीं अधिक ताप शरीर को हवा से मिलती रहती है। ताप के आगमन को रोकने के लिये ही मरू इलाके के वासी, जैसे तुर्कमान, गर्म लबादा और फर की टोपी पहन कर घूमते हैं।

# भीने घूंघट से गर्मी?

दैनिक जीवन एक और प्रश्न प्रस्तुत करता है भौतिकी के लिये। स्त्रियों का कहना है कि घूंघट या बुर्के से गर्मी मिलती है और उनके बिना चेहरे में ठंड लगती है। पर घूंघट के महीन झीने कपड़े को देख कर, जिसमें ग्रक्सर बड़े-बड़े छेद होते हैं, पुरुषो को विश्वास नहीं होता। वे सोचते हैं कि यह सब कल्पना का खेल है।

पर यदि भ्राप ऊपर कही गयी बातों को याद करें, तो भ्राप को इस पर संदेह नहीं होगा। छिद्र कितने भी बड़े क्यों न हों, कपड़ा हवा के भ्रावागमन पर रोक-थाम जरूर लगाता है। चेहरे की त्वचा को स्पर्श करने वाली हवा की परत धीरे-धीरे गर्म हो जाती है भ्रौर घूंघट उसे उड़ने नहीं देता। इसीलिये जब स्त्रियां कहती हैं कि घूंघट से ठंड कम लगती है, विशेषकर जब ठंड भ्रधिक न हो भ्रौर हवा मंद हो, तो इस पर भ्रविश्वास करने का कोई भ्राधार नहीं होता।

#### शीतकारी घड़ा

यदि स्रापने ऐसे घड़ों को देखा नहीं होगा, तो इनके बारें में पढ़ा या सुना अवश्य होगा। कच्ची मिट्टी के बने इन बरतनों की यह विशेषता है कि इनमें ढाला गया पानी कालांतर में स्रास-पास की वस्तुओं की अपेक्षा ठंडा हो जाता है। दक्षिणी देशों में स्रौर हमारे यहाँ भी (किम में) ऐसे बरतनों का काफी प्रचलन है स्रौर अलग-अलग जगहों पर ये अलग-अलग नामों से पुकारे जाते हैं, जैसे स्पेन में इन्हें "आलकारासा" कहा जाता स्रौर मिश्र में — "गाउला"।

इन घड़ों के शीतकारी प्रभाव का रहस्य सरल है: भीतर का द्रव मिट्टी की दीवार से रिस कर बाहरी सतह पर आता है और वाष्पित होने लगता है; वाष्पीकरण के लिये ताप (वाष्पीकरण के गुप्त ताप) की भ्रावश्यक मान्ना बरतन और पानी से ली जाती है, इसीलिये पानी ठंडा होने लगता है।

पर यह सही नहीं है कि इन बरतनों में पानी बहुत ठंडा हो जाता है। दिक्षणी देशों के यात्री अपने वर्णन में कुछ बढ़ा-चढ़ा कर लिख दिया करते हैं। बहुत अधिक शीतन संभव ही नहीं है। ठंडे होने की किया अनेक परिस्थितियों पर निर्भर करती है। हवा जितनी गर्म होगी, द्रव बरतन के वाह्य सतह से उतनी ही जल्दी और उतनी ही अधिक मात्रा में वाष्पित होगा और इसके फलस्वरूप बरतन में स्थित द्रव उतना ही अधिक ठंडा होगा।

शीतन परिवेशी हवा की आईता पर भी निर्भर करता है: अधिक आईता से वाष्पन मंद हो जाता है, जिससे पानी कम ठंडा होता है। इसके विपरीत, शुष्क हवा में वाष्पन तेज हो जाता है और इसके कारण पानी जल्द ठंडा होने लगता है। तेज हवा भी वाष्पन की किया को तीव्र कर के पानी अधिक ठंडा कर देती है। गर्मी में तेज हवा के समय भीगे कपड़े पहनने पर ऐसी ठंड सभी ने महसूस की होगी। शीतकारी घड़ों से पानी के तापक्रम में 5° से अधिक की कमी नहीं होती। कड़ी गर्मी में जब तापमापी 33° दिखाता है, घड़े के पानी का तापक्रम 28° होता है। स्पष्ट है कि इस शीतन का कोई व्यावहारिक लाभ नहीं हो सकता। पर घड़ा पानी को ठंड को अच्छी तरह सुरक्षित रख सकता है और उसका व्यवहार भी अधिकतर इसी काम के लिये होता है।

घड़े में पानी के ठंडे होने की सीमा निर्धारित करने का प्रयत्न किया जा सकता है।

माना कि किसी घड़े में 51 पानी भ्रंटता है। कल्पना करें कि इसमें से  $^{1}/_{10}1$  पानी वाष्प में परिणत हो गया। कड़ी गर्मी में जब वातावरण का तापक्रम  $33^{\circ}$  होता है, पानी के 11 (1 kg) की मात्रा को वाष्पित करने के लिये 580 cal ताप की भ्रविश्यकता पड़ती है। हमारे बरतन से  $^{1}/_{10}$  kg पानी वाष्पित हुम्रा है, भ्रतः 58 cal ताप खर्च हुम्रा है। यदि यह सारा ताप सिर्फ घड़े के पानी से लिया गया होता, तो उसका तापक्रम  $^{58}/_{5}$ , भ्रर्थात  $12^{\circ}$  के लगभग कम हो जाता। पर वाष्पन के लिये ताप की भ्रावश्यक मात्रा का भ्रधिकतम भाग स्वयं घड़े की दीवारों भ्रौर परिवेश की हवा से लिया जाता है; इसके भ्रतिरिक्त, पानी ठंडा होने के साथ-साथ गर्म हवा के संसर्ग से गर्म भी होता रहता है। इसीलिये शीतन प्राप्त संख्या  $12^{\circ}$  के भ्राधे से भ्रधिक शायद ही होता है।

यह कहना मुश्किल है कि घड़े का शीतन धूप में अधिक होता है या छाये में। धूप में वाष्पन तो तेज हो जाता है, पर ताप का आगमन भी बढ़ जाता है। शायद घड़े को ऐसे स्थान पर रखना उत्तम रहेगा, जहाँ छाया हो और हल्की-हल्की हवा बह रही हो।

#### बिना ग्रोला ठंड

खाद्य-सामग्रियों को सुरक्षित रखने के लिये शीत-ग्रलमारी की बनावट वाष्पन से ठंड की प्राप्ति पर ही ग्राधारित है। इसकी बनावट जटिल नहीं है: यह लकड़ी (या जस्ते का मुलम्मा चढ़े लोहे) की ग्रलमारी होती है, जिसकी पिछली दीवार पर एक कपड़ा फैला रहता है। कपड़े का ऊपरी सिरा ग्रलमारी पर रखे बरतन के पानी में डूबा रहता है ग्रौर निचला सिरा नीचे रखे बरतन में। कपड़ा बाती की तरह पानी को सोखता रहता है, जिससे पानी रिस कर कपड़े के तार-तार पर फैलता हुग्रा धीरे-धीरे वाष्प में परिणत होता रहता है। इसीसे ग्रलमारी के सभी खंदे ठंडे होते रहते हैं।

ऐसी ग्रलमारी घर के किसी शीतल व हवादार स्थान पर रखनी चाहिये। बरतन का पानी हर शाम बदला जाता है, ताकि रात भर में वह ग्रच्छी तरह ठंडा हो जाये। कहने की ग्रावश्यकता नहीं कि पानी का बरतन ग्रौर उसे सोखने वाला कपड़ा ग्रादि बिल्कुल साफ होने चाहिये।

# हम कितनी गर्मी सहन कर सकते हैं?

मनुष्य कहीं श्रधिक गर्मी बर्दाश्त कर सकता है, बिनस्बत कि जितना हम सोचते हैं। दक्षिणी देशों के निवासी ऐसी गर्मी सहन कर सकते हैं, जिसे हम शीतोष्ण किट के लोग बिल्कुल श्रसह्य मानते हैं। मध्य श्रस्ट्रेलिया की गर्मियों में तापक्रम छाँव में भी 46° तक चला जाता है। कई बार तो वहां छाया में 55° (सेल्सियस) तक का तापक्रम भी देखा गया है। लाल सागर से फारस की खाड़ी पार करते वक्त जहाजों में 50° से भी श्रधिक तापक्रम देखा जाता है, जबिक वहां बिजली के पंखों से दिन-रात वात-संचारण चलता रहता है।

पृथ्वी पर प्रकृति में 57° से ग्रधिक का तापक्रम ग्रवलोकित नहीं हुन्रा है। इतनी गर्मी कैलीफोर्निया की "मृत्यु-घाटी" में होती है। मध्य एशिया सोवियत संघ का सबसे गर्म स्थान माना जाता है, पर वहां 50° से ग्रधिक तापक्रम नहीं होता।

ऊपर बताये गये तापक्रम छाया में नापे गये हैं। यहां मैं भ्रापको समझा दूँ कि मौसम-विशेषज्ञों की दिलचस्पी धूप में नहीं, छाये में नापे गये तापक्रम के साथ क्यों होती है। बात यह है कि हवा का तापक्रम सिर्फ छाये में रखा गया थर्मोमीटर बता सकता है। यदि उसे धूप में रखा जायेगा, तो वह सूर्य-किरणों से गर्म हो कर परिवेशी हवा के तापक्रम से भ्रधिक दिखाने

लगेगा; उसका पारा हवा की तापीय-अवस्था निर्धारित करने में कोई सहा-यता नहीं देगा। इसीलिये धूप में रखे हुए तापमापी का पठन कर के मौसम को गर्म करार करना कोई मानी नहीं रखता।

ऐसे प्रयोग भी किये गये थे, जिससे निर्धारित हो सके कि कौन सा ग्रिधिकतम तापक्रम मानत-शरीर बर्दाश्त कर सकता है। पता चला कि शुष्क हवा में यदि शरीर धीरे-धीरे गर्म किया जाये, तो वह पानी के उबलने का तापक्रम (100°) ही नहीं, उससे कहीं ग्रिधिक ऊँचा तापक्रम (160° C तक) सहन कर सकता है। यह सिद्ध किया ब्लैंकडेन ग्रीर चेंट्री नामक ग्रंग्रेज भौतिकविदों ने, जो प्रयोग के लिये डबल रोटी बनाने की बेकरी में भट्टी जला कर घंटों व्यतीत किया करते थे। "कमरे की हवा में ग्रंडा उबाला जा सकता था ग्रीर बीपस्टेक्स भूने जा सकते थे, पर लोगों का वहां बाल-बाँका नहीं होता था" – यह टिंडल ने ऐसी परिस्थित के बारे में लिखा था।

इस सहनशीलता का कारण क्या है? यही कि व्यवहारतः हमारा शरीर इस तापक्रम का एक ग्रंश भी नहीं ग्रहण करता; वह ग्रपना साधारण तापक्रम सुरक्षित रखता है। गर्मी के विरुद्ध उसके संघर्ष का साधन है पसीना बहाना। पसीने का वाष्पीकरण हवा की उस परत का ग्रंधिकांश ताप हजम कर जाता है, जो प्रत्यक्षतः त्वचा के संसर्ग में न्नाती है ग्रौर इसीसे उसका तापक्रम पर्याप्त कम हो जाता है। इन सब बातों के लिये एकमात्र शर्त यही है कि शरीर गर्मी के स्रोत के साथ प्रत्यक्ष संसर्ग में न ग्राये ग्रौर हवा शुष्क हो।

जो मध्य एशिया में हो म्राये हैं, उन्होंने ध्यान दिया होगा कि  $37^{\circ}$  से म्रिधिक तापक्रम भी बिना किसी कष्ट के सहन हो जाता है, पर लेनिनग्राद में  $24^{\circ}$  की गर्मी भी म्रसह्य होती है। कारण यही है कि लेनिनग्राद की हवा काफी म्रार्द्र होती है भौर मध्य एशिया की हवा लगभग शुष्क होती है; वहाँ के लिये वर्षा एक विरल घटना है।  $^{1}$ 

 $<sup>^{1}</sup>$  दिलचस्प बात यह है कि मेरे जेबी म्रार्द्रतामापक ने वहां जून महीने में दो बार शून्य म्रार्द्रता दिखायी थी ( 13 व 16 जून 1930 में )।

#### तापमापी या दाबमापी

एक भोले-भाले व्यक्ति के बारे में चुटकुला है कि वह टब में स्नान नहीं करना चाहता था। जब उससे पूछा गया, तो उसने एक बड़ा ही भ्रसाधारण कारण बताया:

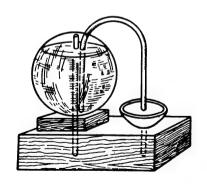
खतरनाक काम है यह ! मैंने उसमें बैरोमीटर घुसाया, तो पता चला
 िक वहां तुफान ग्राया हुन्ना है।

पर श्राप यह न सोचें कि तापमापी और दाबमापी में हमेशा श्रंतर किया जा सकता है। ऐसे भी तापमापी हैं, जिन्हें दाबमापी भी कहा जा सकता है। इन्हें तापदर्शी (थर्मोस्कोप) कहना श्रधिक उपयुक्त होगा। इसके विपरीत, ऐसे दाबमापी भी हैं, जिनसे तापमापी का काम लिया जा सकता है। इसका उदाहरण है श्रलेक्जेंडर हिरोन द्वारा निर्मित एक प्राचीन तापदर्शी, जिसे चित्र 85 में दिखाया गया है। गोल बरतन के ऊपरी भाग में स्थित हवा सूर्य किरणों से गर्म हो कर फैलती है और पानी को दबा कर टेढ़ी नली श्रीर टीप के सहारे नीचे डिब्बे में चुने को विवश करती है।

इसके विपरीत, ठंडे मौसम में गोले के भीतर स्थित हवा की प्रत्यास्थता कम हो जाती है श्रौर डिब्बे का पानी वाह्य हवा के दबाव से सीधी नली में चढ कर गोले में ग्रा जाता है।

पर यह उपकरण दाबमापीय परिवर्तनों के प्रति भी संवेदनशील है: जब वाह्य दबाव कम हो जाता है, पुराने दबाव पर स्थित गोले की हवा फैल

कर पानी का एक ग्रंश मुड़ी नली के सहारे डिब्बे में विस्थापित कर देती है; वाह्य दबाव के बढ़ने पर डिब्बे का पानी सीधी नली के सहारे गोल बरतन में गिरने लगता है। तापक्रम में प्रति डिग्री का परिवर्तन हवा के ग्रायतन में उतना ही परिवर्तन लाता है, जितना पारे के दाबमापी स्तंभ की ऊँचाई में 760/273 = करीब 21/2 mm का ग्रंतर। मास्को में वातावरण के दबाव



चित्र 85. हिरोन का तापदर्शी

में 20 या इससे ग्रधिक मिलिमीटर का परिवर्तन होता है। यह हिरोन के तापदर्शी में  $8^{\circ}$ C के परिवर्तन के ग्रनुकुल है; ग्रतः मास्को के वातदाब में होने वाली कमी को तापक्रम में  $8^{\circ}$  की वृद्धि का फल मान लेने की भूल करना कोई बड़ी बात नहीं है।

ग्राप देखते हैं कि प्राचीन तापदर्शी को दाबदर्शी कहलाने का भी कम ग्रिधिकार नहीं था। एक जमाने में हमारे यहां पानी का प्रयोग करने वाले बैरोमीटर बेचे जाते थे, जिनका थर्मोमीटर की तरह भी उपयोग किया जा सकता था। पर खरीददार तो क्या, इसका ग्राविष्कारक भी इस तथ्य से ग्रानिभज्ञ था।

### लालटेन में शीशा किस लिये है?

बहुत कम लोगों को ज्ञात होगा कि लालटेन के शीशे को ब्राधुनिक रूप ग्रहण करने के लिये कितनी लंबी याद्रा करनी पड़ी है। सहस्त्राब्दियों तक लोग बिना शीशे का उपयोग किये सिर्फ ग्राग की लौ से प्रकाश प्राप्त करते थे। लालटेन या बत्ती में इस महत्वपूर्ण सुधार के लिये लियोनादों दे विंछी (1452-1519) की प्रतिभा को जन्म लेना था। पर लियोनादों ने ग्राग की लौ को शीशे की नहीं, धातु की नली से घेरा था। इसके बाद तीन शताब्दियां ग्रीर बीतीं जबतक कि धातु की नली का स्थान शीशे के पारदर्शक बेलन ने लिया। जैसा कि ग्राप देख रहे हैं, लालटेनी शीशे के ग्राविष्कार पर दिसयों पीढ़ियों को श्रम करना पड़ा है।

लालटेन के शीशे का काम क्या है?

इस म्रतिस्वाभाविक प्रश्न का उत्तर शायद ही सब के पास होगा। लौ को हवा के झोंके से बचाना शीशे का सिर्फ गौण कार्य है। उसका मुख्य कार्य है—लौ की प्रभा (जलने की किया) को तीव्र करना है। लालटेन के शीशे की वही भूमिका होती है, जो भट्टी या फैक्टरी में धुम्रौं निकालने के लिये चिमनी की होती है: वह लौ की स्रोर हवा के प्रवाह को बढ़ाता है।

इसे विस्तार से देखें। शीशे के भीतर का वायु-स्तंभ वाह्य हवा की

<sup>1।</sup> हंदी में लालटेन के शीशे को चिमनी ही कहते हैं। - अनु.

प्रपेक्षा जल्द गर्म होता है। गर्म होने के कारण हवा हल्की हो जाती है भ्रौर भ्राकंमेडिस के नियम के अनुसार वह दूसरी ठंडी हवा द्वारा विस्थापित हो जाती है। ठंडी हवा के प्रविष्ट होने के लिये ही नीचे छेद बने होते हैं। इस प्रकार नीचे से ऊपर तक ताजी हवा का संवहन होता रहता है भ्रौर जलन से प्राप्त गैस, कालिख आदि भी दूर होती रहती है। शीशे की ऊँचाई जितनी ही अधिक होगी, गर्म व ठंडी हवा के स्तंभों की ऊँचाइयों में अंतर उतना ही अधिक होगा। और यह अंतर जितना अधिक होगा, ताजी हवा उतनी ही तेजी से आयेगी और आग को उतनी ही अधिक उकसायेगी। फैक्टरियों की चिमनियां भी यही काम करती हैं, इसीलिये वे इतनी ऊँची बनायी जाती हैं।

दिलचस्प बात यह है कि इस पूरी परिवृत्ति को लियोनार्दो श्रच्छी तरह समझ चुके थे। प्रमाण हैं उनकी हस्तलिपि में ये शब्द: "जहां भ्राग होती है, वहां उसके गिर्द हवा की धारा बनती है: वही उसका पोषण करती है ग्रौर उसे प्रज्वलित करती है।"

# लपट प्रपने प्राप क्यों नहीं बुझती?

यदि दहन की किया पर भ्रच्छी तरह से विचार करें, तो चाहें न चाहें, एक प्रश्न उठ भ्रायेगा: लपट भ्रपने भ्राप क्यों नहीं बुझ जाती? दहन के उत्पाद हैं — जल-वाष्प भ्रौर कार्बन डायक्साइड। ये भ्रदहनशील हैं भ्रौर दहन का पोषण कर सकने में भ्रसमर्थ हैं। भ्रदहनशील पदार्थों को दहन के भ्रारंभिक क्षणों में ही लपट को भ्रावृत्त कर के उसे हवा के संसर्ग से वंचित कर देना चाहिये। भ्रौर चूँकि हवा की भ्रनुपस्थित में दहन जारी नहीं रह सकता, लपट को बुझ जाना चाहिये।

पर ऐसा क्यों नहीं होता? दहन क्यों तबतक जारी रहता है, जबतक कि सारा इंधन समाप्त नहीं हो जाता? सिर्फ इसिलये कि गैसें गर्म हो कर फैलती हैं ग्रौर श्रायतन-प्रसार के कारण हल्की हो जाती हैं। इसी कारण दहन के उत्पाद लपट के समीप ग्रपने उद्भव-स्थल पर टिके नहीं रह पाते; शीध ही ताजी हवा द्वारा उत्पर विस्थापित कर दिये जाते हैं। यदि ग्राकंमे-डिस का नियम गैसों पर लागू नहीं होता (या गुरुत्व ही नहीं होता), तो कोई भी लपट थोड़ी बहुत जल कर स्वयं बुझ जाती।

दहन के उत्पाद लपट के लिये कितने हानिकारक होते हैं, इसकी परख आसानी से की जा सकती है। जब आप फूँक मार कर दीया या लालटेन बुझाते हैं, आप जानेग्रनजाने इसी बात का उपयोग करते हैं: आप ऊपर से फूँक मारते हैं, ताकि दहन के उत्पाद वापस लपट पर छा जायें। लपट ताजी हवा से बंचित हो कर बुझ जाती है।

### जूल वेर्न के उपन्यास का म्रलिखित म्रध्याय

जुल वेर्न ने तोप के गोले में चांद की ग्रोर ग्रग्नसर तीनों हिम्मतमंदो की दिनचर्या का सविस्तार वर्णन किया है। पर उन्हों ने इसके बारे में एक शब्द भी नहीं लिखा कि इस ग्रसाधारण परिस्थित में मिशेल ग्रदीन ग्रपनी रसोइये की जिम्मेदारी कैसे निभाता है। शायद उपन्यासकार ने यह सोचा होगा कि उड़ते हए गोले में खाना पकाना ऐसी कोई बात नहीं है, जिसका रोचक वर्णन किया जा सके। यदि वे सचमच ऐसा सोचते थे, तो निस्संदेह वे गलत थे। बात यह है कि तोप के उडते हुए गोले में सारी वस्तूएं ग्रपना भार खो बैठती हैं (इस मनोरंजक संवृत्ति की सविस्तार व्याख्या "मनोरंजक भौतिकी" के प्रथम भाग, "ग्रंतर्ग्रही यात्रायें," "राकेट में सितारों की स्रोर," "राकेट में चांद पर" नामक मेरी स्रन्य पुस्तकों में दी गयी है)। जुल वेर्न ने इस परिस्थिति पर कोई ध्यान नहीं दिया। पर विश्वास कीजिये कि भारहीनता में खाना पकाना उपन्यासकार के लिये रोचक विषय हो सकता था। हमारे लिये सिर्फ ग्रफसोस करना रह जाता है कि प्रतिभावान लेखक ने इस पर कोई ध्यान नहीं दिया। मैं इस कमी को पूरा करने का भरसक प्रयत्न करता हुँ, ताकि पाठकों को ग्रंदाजा मिले कि जुल वेर्न की लेखनी से कितनी सशक्त कहानी बनती।

पाठक इसे पढ़ते वक्त यह स्मरण रखें कि तोप के गोले में भार ग्रनुप-स्थित है; उसमें सभी वस्तुएं भारहीनता की ग्रवस्था में हैं।

### भारहीन रसोई

– मित्रो, हमने अभी तक नाश्ता नहीं किया है, – मिशेल अर्दान
 ने अपने अंतरिक्षी सहयात्रियों को बुला कर कहा। – हमारा भार

लुप्त हो गया है, तो इसका यह मतलब नहीं है कि हमारी भूख भी लुप्त हो गयी है। ग्रभी मैं ग्रापके लिये भारहीन खाना तैयार करता हूँ, जो बेशक दुनिया का सबसे हल्का-फुल्का नाश्ता होगा।

श्रौर वह उत्तर की प्रतीक्षा किये बगैर रसोई में लग गया।

— पानी की बोतल खाली होने का बहाना कर रही है, — ग्रर्दान एक बड़ी सी बोतल खोलने की कोशिश करता हुग्रा बड़बड़ा रहा था। — लेकिन मुझे घोखा देना ग्रासान नहीं है: मुझे तो मालूम है कि तू इतनी हल्की क्यों है... खैर, काग खुल गया; ग्रब जरा ग्रपनी ग्रंतर्वस्तु ढालने की कृपा करो तो।

पर बोतल लाख झुकाने पर भी पानी ढल नहीं रहा था।

- परेशान न होश्रो, मेरे प्यारे श्रदीन, - सहायता के लिये ग्राते हुए निकोल ने कहा। - जरा समझने की कोशिश करो कि हमारे गोले में भार नहीं है श्रौर यहां पानी नहीं ढल सकता। तुम्हें पानी गाढी चाशनी की तरह छिडक-छिडक कर निकालना पडेगा।

श्रदीन ने सोचने में देरी नहीं की; श्रींधी बोतल की पेंदी पर एक जोरदार धौल लगा दी। एक नयी श्राफत श्रा खड़ी हुई: बोतल से एक बड़ा सा गोला निकल कर हवा में लटक गया।

- हाय, क्या हाल हो गया पानी का? चिकत हो कर अर्दान ने कहा। — कम से कम इस अचंभे की तो जरूरत नहीं थी! वैज्ञानिक मित्रो, कुछ तो बतायें कि यह सब क्या है?
- यह पानी की बूंद है, प्यारे भ्रदीन, एक सीधी-सादी बूंद है। भारहीनता की दुनियां में बूंद जितनी चाहे, बड़ी हो सकती है... याद करो कि द्रव गुरुत्व के प्रभाववश ही बरतन का रूप धर लेता है, धार के रूप में बहता है, भ्रादि। यहां गुरुत्व नहीं है, इसीलिये द्रव पूरी तरह भ्रपने भीतर की भ्राण्विक शक्तियों के वश में होता है। यहां बूंद भी गोले का रूप धारण कर लेगी, जैसे प्लेटो के विख्यात प्रयोग में तेल।
- पर प्लेटो के प्रयोग से मुझे क्या लेना है। मुझे शोरूवे के लिये पानी उबालना है ग्रौर कोई भी ग्राण्विक शक्ति मुझे नहीं रोक सकती। — बिगड़ कर उसने कहा।

ग्रौर वह क्रोध में पागलों की तरह बोतल झाड़ने लगा। पानी

के बड़े-बड़े गोले उड़ती पतीली तक पहुँच कर उसकी सतह पर पसरना शुरू कर देते थे। बात यहीं खत्म नहीं होती थी: पानी भीतरी दीवारों से बाहरी पर बह ग्राता था, – ग्रौर ग्रंत में पतीली पानी की एक मोटी परत से ग्राच्छादित हो गयी। इस रूप में पानी उबालना ग्रसंभव था।

- िकतना रोचक प्रयोग है। इससे सिद्ध होता है कि संसंजना (ग्रापसी चिपकाव) का बल िकतना बड़ा होता है, िनकोल ने निर्दंद भाव से कहना शुरु किया। तुम चिंता मत करो: यह द्रव द्वारा ठोस पिंडों के भिगाने की िकया है; यहाँ गुरूत्व नाम की कोई चीज इस िकया में बाधा नहीं पहुँचा रही है, इसीिलये वह ग्रपनी पराकाष्टा पर है।
- बहुत दुख की बात है! ग्रदीन ने ग्रड़ कर कहा। भीगने की किया हो या कुछ ग्रौर; मुझे पानी पतीली के भीतर चाहिये, उसके **इवं-गिवं** नहीं। यह भी कोई बात हुई। इन परिस्थितियों में दुनिया का एक भी रसोइया खाना पकाने को तैयार नहीं होगा।
- यदि क्लेदन (भीगने की किया) तुम्हारे काम में बाधक हो रहा है, तो तुम उसे सरलतापूर्वक रोक सकते हो, उसे शांत करते हुए बार्बीकेन ने कहा। तुम्हे याद होगा कि यदि पिंड पर तैल पदार्थ की महीन परत हो, तो पानी उसे नहीं भिगाता। पतीली की बाहरी सतहों पर तेल मल दो, पानी उसके भीतर टिका रहेगा।
- शाबाश ! इसको मैं विज्ञान का सच्चा ज्ञान कहता हूँ, सलाह को ग्रमल में लाते हुए उसने खुशी-खुशी कहा। इसके बाद वह पानी को गैस के चुल्हे पर गर्म करने की तैयारी करने लगा।

पर ग्रर्दान के भाग्य में शांति नहीं थी; सब कुछ उसके विरूद्ध था। गैस का चूल्हा नखडे करने लगा: वह मंद लौ से करीब ग्राधा मिनट जला, फिर पता नहीं क्यों ग्रपने ग्राप बुझ गया।

श्रदीन श्रव चूल्हे के पीछे पड़ा। वह धैर्यपूर्वक तरह-तरह की युक्तियां लगाता रहा, ताकि लौ देर तक जलती रहे। पर सारा श्रम बेकार था: लौ जलने का नाम नहीं ले रही थी।

 — बार्बिकेन! निकोल! क्या सचमुच इस जिद्दी लौ को वैसे जलने पर विवश नहीं किया जा सकता, जैसे श्रापकी भौतिकी ग्रौर गैस की कंपनी कहती है? – फ्रांसीसी ग्राजिज हो कर ग्रपने मित्रों को बुलाने लगा।

- इसमें कोई नयी बात नहीं है, निकोल ने समझाया। इन परिस्थितयों में यही उम्मीद की जानी चाहिये थी। लौ भौतिकी के नियमों का ही अनुसरण कर रही है। और जहाँ तक गैंस कंपनियों का प्रश्न है,... मैं सोचता हूँ कि यदि गुरुत्व नहीं होता, तो उनका दिवाला निकल गया होता। तुम जानते हो कि जलने से कार्बन डायक्साइड, जलवाष्प ग्रादि गैंसें बनती हैं, जो ग्रदहनशील हैं। साधारण परिस्थितियों में दहन के ये उत्पाद लौ के पास नहीं टिके रहते: वे गर्म हो कर हल्के हो जाते हैं और इसीलिये ताजी हवा द्वारा ऊपर विस्थापित होते रहते हैं। पर यहाँ गुरुत्व नहीं है, इसलिये दहन के उत्पाद अपनी उत्पत्ति के स्थान पर ही टिके रहते हैं ग्रौर लौ को ग्रदहनशील गैंसों से ढक देते हैं। लौ के पास ताजी हवा का ग्राना रूक जाता है और वह बुझ जाती है। ग्राग बुझाने वाले उपकरणों के कार्य इसी बात पर ग्राधारित हैं: वे लपट को ग्रदहनशील गैंसों से ढक देते हैं।
- तुम कहना चाहते हो कि, फांसीसी ने टोका, यदि पृथ्वी पर गुरुत्व नहीं होता, तो दमकलों की भ्रावश्यकता नहीं पड़ती; भ्राग खुद ब खुद भ्रपनी ही निःश्वास से घुट कर बुझ जाती?
- बिल्कुल ! पर स्रभी हालात ठीक करने के लिये एक बार फिर से गैस जलास्रो ; हम दोनों मिल कर फूँक लगाते हैं। मैं सोचता हूँ कि हमें हवा की कृत्निम संवहन धारायें बनाने में सफलता मिल जायेगी स्रौर लौ वैसे ही जलने लगेगी, जैसे पृथ्वी पर।

यही किया गया। ग्रदीन ने फिर से गैस जलायी ग्रौर रसोई में लग गया। वह निकोल ग्रौर बार्बिकेन की हालत देख कर मन ही मन खुश हो रहा था: उन्हें लागातार हवा करना पड़ रहा था, ताकि लौ को ताजी हवा मिलती रहे। फांसीसी ग्रपने हृदय में इन सारी ग्राफतों का कसूरवार ग्रपने मिन्नों ग्रौर उनके विज्ञान को मान रहा था।

- ग्रब ग्राप एक तरह से कारखाने की चिमनी का काम कर रहे
 हैं, क्योंकि ताजी हवा के लिये संवहन धारा बना रहे हैं, - ग्रर्दान

ने हँसी उड़ाने के मूड में बोलना शुरू किया। — मुझे ग्राप लोगों पर बहुत तरस ग्रा रहा है, मेरे वैज्ञानिक मिल्लो, लेकिन यदि हम गर्म-गर्म नाश्ता चाहते हैं, तो भौतिकी की गुलामी करनी पड़ेगी।

पंद्रह मिनट बीत गये, आधा घंटा बीता, घंटा बीत गया, पर पतीली में पानी उबलने का नाम नहीं ले रहा था।

- तुम्हे धीरज से प्रतीक्षा करनी होगी, ग्रर्दान। बात यह है कि साधारण भारयक्त पानी बहुत जल्द गर्म होता है, क्योंकि उसमें गर्म व ठंडी परतों का निरंतर स्थानांतरण होता रहता है। नीचे की परत गर्म हो कर हल्की हो जाती है ग्रौर ऊपर उठ ग्राती है। उसका स्थान ठंडी परत ले लेती है स्रौर गर्म होने लगती है। फल यह होता है कि शीघ्र ही सारा पानी ऊँचे तापक्रम पर पहुँच जाता है। तुमने कभी पानी को नीचे की बजाय ऊपर से गर्म किया है? इस स्थिति में परतों का स्थानांतरण नहीं होता ; ऊपर की गर्म परत अपने स्थान पर टिकी रहती है। पानी की ताप-चालकता नगण्य होती है, इसलिये ऊपरी परत निचली परत को गर्मी नहीं देती: वह स्वयं उबलने लगती है, पर नीचे की परत में रखा हम्रा बर्फ का ट्कडा पिघलने का भी नाम नहीं लेता। पर हमारी भारहीन दुनिया में कोई फर्क नहीं पडता कि किधर से पानी गर्म किया जा रहा है। किधर से भी गर्म करो, पतीली में संवहन धारायें नहीं बनेंगी स्रौर इसीलिये पानी बहुत धीरे-धीरे गर्म होगा। यदि तुम चाहते हो कि पानी जल्द गर्म हो, तो तुम्हें पानी को निरंतर हिलोडें देते रहना होगा।

निकोल ने ग्रर्दान को सावधान कर दिया कि वह पानी को सौ डिग्री तक गर्म न करे, उसे कुछ कम तापक्रम पर ही रखे।  $100^{\circ}$  पर बहुत ग्रधिक माला में वाष्प बनने लगेगा, जिसका विशिष्ट भार पानी के विशिष्ट भार के बराबर होगा (दोनों ही शून्य हैं) ग्रौर इसीलिये पानी ग्रौर भाप मिल कर समरूप फेन बनाने लगेंगे।

एक दूसरा घपला मटर के साथ हो गया, जिसके कारण मिलों को कुछ कम कठिनाई नहीं उठानी पड़ी। अर्दान पोटली खोल कर मटर पतीली में डालना चाहता था। इसके लिये उसने गलती से पोटली को एक झटका दे दिया। फिरक्या था: मटर के सारे दाने हवा में बिखर कर उड़ने लगे, दीवारों से टकरा-टकरा कर सब श्रोर

मंडराने लगे। इन घुमक्कड़ दानों के कारण एक दुर्घटना होती-होती बच गयी: निकोल की साँस के साथ एक दाना उसके फेफड़े तक पहुँच गया और उसका खाँसी से दम घुटने लगा। फिर से ऐसी दुर्घटना न हो जाये, इसके लिये मित्रों ने पहले हवा साफ करने का निश्चय किया। तीनों मटर के दाने पकड़ने में लीन हो गये। यहाँ तितली पकड़ने वाली जाली काम ग्रा गयी, जिसे ग्रर्दान ने चांद की तितलियों का संग्रह करने के लिये श्रपने साथ रख लिया था।

इन परिस्थितियों में खाना बनाना सचमुच ही जिटल काम था। अर्दान बिल्कुल सही कह रहा था कि कोई भी अच्छा रसोइया यहाँ खाना बनाने को राजी नहीं होगा। बीफस्टेक्स भूनने में भी बड़ी किटनाइयों का सामना करना पड़ा: मांस के टुकड़े को हर समय काँटे से दबा कर रखना पड़ रहा था, क्योंकि तेल का स्प्रिंग जैसा प्रत्यास्थ वाष्प बीफस्टेक्स को पतीली से उछाल देता था और कच्चा मांस "ऊपर" उड़ने लगता था (यदि "ऊपर" शब्द का प्रयोग किया जा सकता है, जहाँ न तो "ऊपर" था, न "नीचे")।

इस गुरूत्वहीन दुनिया में खाना खाना भी मुश्किल काम था। बैठने का कोई प्रश्न नहीं था; तीनों मित्र ग्रजीबोगरीब मुद्राग्रों में एक दूसरे से सर के बल टकराते हुए मंडरा रहे थे (कहना नहीं होगा कि दृश्य बड़ा मनोहर था!)। टेबुल, कुर्सी, बेंच ग्रादि जैसी वस्तुएं इस दुनिया में बेकार थीं। सच पूछिये तो टेबुल की जरूरत भी नहीं थी, यदि ग्रदीन की ग्रकाट्य इच्छा नहीं होती कि "टेबुल पर" ही खाना खाया जाये।

शोरबा बनाना तो किंठन काम था ही, पर इससे भी किंठन काम निकला उसे निगलना। पहले तो इस भारहीन शोरबे को कप में ढालना ही किंठन था। इस चक्कर में ग्रदीन की सुबह से श्रवतक कि मिहनत नष्ट होते-होते रह गयी। वह भूल गया कि शोरबा भारहीन है श्रौर उसे ढालने के लिये उसने पतीली की पेंदी पर एक धौल जमा दी। परिणामस्वरूप पतीली से द्रव का एक बड़ा सा गोला उछल ग्राया – यह वर्तुलज रूप में शोरबा था। यहाँ ग्रदीन को सरकस की बाजीगरी दिखानी पड़ी, ग्रन्थथा इतनी किंठनता से बना हुग्रा शोरबा हाथ से निकल जाता।

खाने के लिये चम्मच का प्रयोग भी निष्फल रहा। शोरबा चम्मच के गड्ढे में जमा होने की बजाय पूरे चम्मच पर फैल जाता था; यहाँ तक कि उंगलियाँ भी गीली हो जाती थीं। चम्मच पर तेल मल दिया गया, ताकि भीगने की किया रूक जाये, पर इससे स्थिति सुधरी नहीं: चम्मच में शोरबा गोली का म्राकार ग्रहण कर लेता था, जिसे मूँह तक लाने की कोई संभावना नहीं थी।

श्रंततोगत्वा निकोल ने समस्या का हल ढूँढ़ निकाला: उसने मोम चढ़े कागज की नली बनायी और उसके सहारे सुड़क-सुड़क कर पीने लगा। यात्रा के पूरे दौर मित्रगण पानी, शराब श्रादि कोई भी द्रव इसी विधि से पीते रहे। 1

# पानी झाग क्यों बुझाता है?

इस सरल प्रश्न का उत्तर सभी नहीं जानते, इसीलिये यदि मैं संक्षेप में बता दूँ, तो आशा है कि पाठक बुरा नहीं मानेंगे।

¹ इस पुस्तक के पिछले संस्करणों के पाठकों ने इस बात पर शंका प्रकट की थी कि गुरूत्वहीन परिवेश में भी द्रव पीया जा सकता है, चाहे उपरोक्त विधि ही क्यों न इस्तेमाल की गयी हो। अक्सर उनके पत्नों में यह तर्क होता था: उड़न-गोले में हवा भी भारहीन है, अत: उसमें दबाव डालने का गुण नहीं हो सकता; और यदि दबाव नहीं है, तो सुड़क कर भी आप द्रव को नहीं पी सकते। विचित्न बात तो यह है कि यही आपत्ती पत्न-पित्वकाओं के माध्यम से कुछ समीक्षकों ने भी उठायी थी। जबिक यह बिल्कुल स्पष्ट है कि हवा की भारहीनता का उसके दबाव के साथ कोई संबंध नहीं है: किसी भी बंद व्योम (या बरतन) में हवा दबाव डालती है; इसलिये नहीं कि उसमें भार है, बिल्क इसलिये कि गैसीय पिंड होने के नाते वह असीम प्रसारण की प्रवृत्ति रखती है, जिसके कारण उसे घेर कर रखने वाली दीवारों पर दबाव पड़ता है। पृथ्वी-तल पर खुले व्योम में दीवार की भूमिका गुरूत्व निभाता है; वही हवा के असीम प्रसार में बाधा डालता है। गुरूत्व और दबाव के इस प्राकृतिक संबंध के कारण ही मेरे आलोचक गलती कर बैठे थे।

प्रथमत:, पानी जलती वस्तु के संसर्ग में ग्रा कर वाष्प में परिणत हो जाता है ग्रौर इस किया में वह जलती वस्तु से ताप का बहुत बड़ा ग्रंश लेकर खर्च कर देता है; खौलते पानी को पूरी तरह वाष्प में परिणत करने के लिये पाँच गुना ग्रधिक ताप की ग्रावश्यकता पड़ती है, बनिस्बत कि ठंडे पानी को सौ डिग्री तक गर्म करने में।

ग्रौर दूसरे: इस विधि से उत्पन्न वाष्प उसे जन्म देने वाले पानी से सैकड़ों गुना ग्रधिक ग्रायतन रखता है; वह जलती वस्तु को घेर कर उसके चारों तरफ की हवा को विस्थापित कर देता है ग्रौर बिना हवा के कोई भी वस्तु नहीं जल सकती।

पानी की ग्रग्निशामक शक्ति बढ़ाने के लिये कभी-कभी उसमें बारूद मिला दिया करते हैं। पढ़ कर ग्रापको ग्राश्चर्य होता होगा, पर बात काफी बुद्धिमानी की है: बारूद बहुत जल्द जल जाती है ग्रौर ढेर सारी ग्रदहनशील गैसें बना देती है। ये गैसें जलती वस्तु को ग्रावृत्त कर के जलने की किया में बाधा डालने लगती हैं।

#### म्राग से म्रग्नि-शमन

श्रापने सुना होगा कि जंगल या ऊँची घास व झाड़ियों वाले विस्तृत मैदान में लगी श्राग को रोकने के लिये कभी-कभी दूसरी तरफ से श्राग लगा दी जाती है। नयी लपटें मार्ग में मिलने वाले दहनशील पदार्थों को जला कर उसे उसके श्राहार से वंचित कर देती हैं। जैसे ही श्राग की दोनों दीवारें मिलती हैं, दोनों तरफ की श्राग बुझ जाती है, मानो वे एक दूसरे को निगल गयी हों।

भ्रमेरिका के एक मैदान में लगी भ्राग को इस विधि से बुझाने की विधि का वर्णन बहुतों ने कूपर के उपन्यास "प्रेयरी" में पढ़ा होगा। बूढ़े ट्रैपर (बहेलिये) द्वारा पथिकों की मैदानी भ्राग से रक्षा का नाटकीय दृश्य भुलाया नहीं जा सकता। "प्रेयरी" का यह भ्रंश उद्धृत किया जा रहा है:

"बुढ़ा ग्रचानक उठ कर खड़ा हो गया।

- -- ग्रब कुछ करना चाहिये; समय ग्रा गया है, -- उसने कहा।
- ग्रव! ग्रव बहुत देर हो चुकी है, बूढ़े। मिडिलटोन ने चीख



चित्र 86. झाग से झाग बुझाना।

कर कहा। - म्राग हमसे कोई चौथाई मील की दूरी पर है और हवा उसे भयानक गति से हमारी स्रोर बढ़ा रही है!

- म्राग-वाग से मैं नहीं डरता। म्राम्रो बहादुरो, जरा इस सूखी
 घास को हाथ लगाते हैं। यहाँ जमीन को थोडी नंगी करनी है।

जल्द ही करीब 20 फीट व्यास वाली गोलाकार जगह साफ हो गयी। ट्रैपर ने औरतों को आग से दूर वाले छोर पर खड़ा रहने और उन्हें अपने कपड़ों को कंबल से लपेट लेने की हिदायत दे दी; कपड़ों के जल उठने का खतरा अधिक था। यह सावधानी बरत लेने के बाद बूढ़ा उस ओर बढ़ा, जिधर से आग की लपलपाती लपटें उन्हें छल्ले की तरह घरती चली आ रही थीं। उसने मुट्ठी भर घास बंदूक की नली पर उठायी और उसमें आग लगा दी। सूखी घास क्षण भर में लहक उठी। बूढ़ें ने उसे ऊँची झाड़ियों में फेंक दी और साफ की हुई जगह के बीच में खड़ा हो कर अपने काम का नतीजा देखने लगा।

नयी लपटें भुक्खड़ों की तरह श्रपने शिकार पर टूट पड़ीं श्रौर मैदान को सफाचट करती हुई श्रागे बढ़ चलीं।

- ग्रब ग्राप देखेंगे कि ग्राग ग्राग को कैसे बुझाती है।

- क्या इससे खतरा नहीं है ? - मिडिलटोन ने ब्राश्चर्य से पूछा ।- क्या ग्राप दुश्मन को दूर भगाने की बजाय उसे ग्रौर करीब तो नहीं ला रहे हैं ?

ग्रब ग्राग तीन तरफ से बढ़ रही थी; चौथी दिशा में उसका ग्रंत हो रहा था, वह भूख से दम तोड़ रही थी। वहाँ खाना नहीं था। ग्राग के पीछे धुँग्रा छोड़ती काली जमीन छूटती जा रही थी। घास गढ़ने पर भी वह इतनी साफ नहीं होती।

भगेडुग्रों की स्थिति ग्रौर भी खतरे में होती, यदि उनके द्वारा साफ की गयी जमीन का क्षेत्रफल बढ़ता नहीं जाता, — ग्राग दूसरी दिशा से भी तो बढ़ रही थी!

कुछ मिनटों बाद लपटें हर ग्रोर पीछे हटने लगीं। लोग धुएं के बादलों में लिपटे हुए थे, पर पागलों की तरह बढ़ रही ग्राग की बाढ़ से बिल्कुल स्वतंत्र थे।

लोग ट्रैपर द्वारा प्रयुक्त विधि की सरलता पर चिकत थे भ्रौर उसके कारनामे को यूं देख रहे थे, जैसे फेर्दिनांद के दरबारी कोलंबो को, जब वह ग्रंडे को टेबुल पर उसके सिरे के सहारे खड़ा कर रहा था।"

पर मैदानी आग बुझाने की विधि इतनी सरल नहीं है, जितना ऊपर से देखने में लगता है। आग बुझाने के लिये आग भेजने का काम किसी अनुभवी व्यक्ति को ही करना चाहिये, अन्यथा प्रकोप कम होने की बजाय बढ़ भी सकता है।

इसके लिये कितनी निपुणता की आवश्यकता है, यह आप निम्न प्रश्नों का उत्तर देने के बाद ही समझ सकेंगे: ट्रैपर द्वारा लगायी गयी आग असली आग की दिशा में ही क्यों भागने लगी; वह उल्टी दिशा में क्यों नहीं बढ़ने लगी? आखिर हवा आग की ओर से आ रही थी और आग को पथिकों की दिशा में खदेड़ रही थी! इसीलिये ट्रैपर द्वारा लगायी गयी आग को असली आग, की ओर नहीं, उल्टालोगों की ओर बढ़ना चाहिये था। पर यदि ऐसा होता, तो राहियों की मृत्यु निश्चित थी।

क्या रहस्य था ट्रैपर की विधि का? भौतिकी के एक साधारण नियम का ज्ञान। यह ठीक है कि हवा मैदान के जलते भाग से पथिकों की ग्रोर बह रही थी, पर ग्राग के श्रागे-ग्रागे, उसके निकट, हवा का विपरीत बहाव भी होना चाहिये था। ग्राग से गर्म हो कर हवा हल्की हो जाती है ग्रौर ऊपर उठने लगती है। रिक्त स्थान को भरने के लिये मैदान के दूसरे हिस्सों से ताजी हवा का ग्राग की ग्रोर बढ़ना शुरू हो जाता है। इसीलिये ग्राग की सीमा के पास हवा का खिचाव सपटों की ग्रोर होता है। ग्राग तभी जलानी चाहिये, जब ग्रसली ग्राग पर्याप्त निकट ग्रा जाये, ग्रथीत् जब ग्रसली ग्राग की ग्रोर हवा का खिंचाव महसूस होने लगे। इसीलिये ट्रैपर जल्दीबाजी नहीं कर रहा था; वह शांत खड़ा ग्रावश्यक क्षण की प्रतीक्षा कर रहा था। यदि ग्रसली ग्राग की ग्रोर हवा का खिंचाव महसूस करने के थोड़ा पहले वह ग्राग लगा देता, तो ग्राग उल्टी उन्हीं की ग्रोर बढ़ने लगती ग्रौर लोगों के सामने मरने के सिवा कोई चारा नहीं बचता। ग्राग लगाने में देर भी नहीं की जा सकती थी; ग्रसली ग्राग काफी निकट ग्रा जाती।

#### उबलते पानी से पानी उबालना

एक छोटी सी शीशी में पानी भर कर आग पर चढ़ी पतीली के शुद्ध पानी में इस प्रकार डुबाइये कि शीशी पतीली की पेंदी को स्पर्श न करे। इसके लिये आपको शीशी महीन तार से बांध कर लटकानी पड़ेगी। कायदे से, जब पतीली का पानी खौलने लगेगा, शीशी के पानी को भी खौलने लगना चाहिये। पर आप जितनी मर्जी इंतजार कर सकते हैं; ऐसा नहीं होगा। शीशी के भीतर पानी गर्म होगा, बहुत गर्म हो जायेगा, पर खौलेगा नहीं। खौलता पानी इतना गर्म नहीं होता कि पानी को खौला सके।

निष्कर्ष म्राशातीत है, पर ऐसा होगा – यह पहले से कहा जा सकता था। पानी को खौलाने के लिये  $100^{\circ}$  C तक उसे गर्म करना ही पर्याप्त नहीं है: उसे इतना ग्रौर म्रतिरिक्त ताप देना होगा कि वह एक समुच्च ग्रवस्था से दूसरी (वाष्प की म्रवस्था) में ग्रा जाये।

शुद्ध जल  $100^{\circ}$  C पर खौलने लगता है; साधारण परिस्थितियों में ग्राप उसे जितना चाहें, गर्म कर सकते हैं; उसका तापक्रम इस बिंदु से ऊपर नहीं उठेगा। ग्रर्थात् ताप का स्रोत, जिससे ग्राप शीशी का पानी गर्म कर रहे हैं,  $100^{\circ}$  तापक्रम पर है; इसलिये वह शीशी के पानी को इससे

ग्रिधिक गर्म नहीं कर सकता। जब दोनों बरतनों में स्थित पानी का तापक्रम समान  $(100^{\circ} \, \text{C})$  हो जायेगा, तब पतीली के पानी से शीशी के पानी की श्रोर ताप का संचार बंब हो जायेगा।

श्रतः शीशी के पानी को वाष्प में परिणत करने के लिये श्रतिरिक्त ताप उसे उपरोक्त विधि द्वारा नहीं दिया जा सकता ( $100^{\circ}$  C तक गर्म किये गये एक ग्राम पानी को वाष्प में परिणत करने के लिये 500 कैलोरी ग्रितिरिक्त ताप देना पड़ता है)। यही कारण है कि शीशी का पानी पतीली में गर्म हो जाता है, पर खौलता नहीं।

यहाँ प्रश्न उठ सकता है: पतीली के पानी और शीशी के पानी में भ्राखिर अंतर क्या है? शीशी में भी तो वही पानी है; सिर्फ वह बाकी पानी से शीशे की दीवार द्वारा घिरा हुआ है। फिर उसके साथ वही क्यों नहीं होता, जो बाकी पानी के साथ होता है?

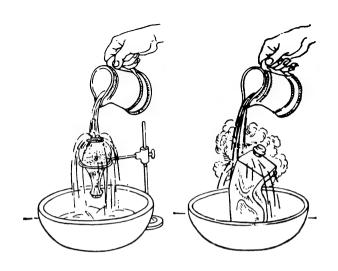
क्योंकि दीवार शीशी में स्थित पानी को उन संवहन धाराग्रों में भाग लेने से वंचित कर देती है, जो पतीली के पानी को हिलोड़ती रहती है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि उबलते पानी की गर्मी से पानी उबालना संभव नहीं है। पर यदि पतीली के पानी में मुट्टी भर नमक घोल दिया जाये, तो बात दूसरी हो जाती है। नमकीन पानी सौ डिग्री पर नहीं, कुछ ग्रधिक पर खौलता है ग्रौर इसीलिये वह शीशी के शुद्ध पानी को खौलाने की सामर्थ्य रखता है।

## क्या पानी को बर्फ से खौलाया जा सकता है?

कुछ पाठक कहेंगे: "यदि इस काम के लिये खौलता पानी बेकार है, तो फिर बर्फ की क्या बात की जा सकती है! "पर उत्तर देने में जल्दीबाजी न करें। बेहतर होगा कि एक प्रयोग करें; उसी शीशी के साथ, जिसका स्राप स्रभी-स्रभी प्रयोग कर चुके हैं।

शीशी को स्राधी दूरी तक पानी से भर दीजिये और नमकीन खौलते पानी में डुबा दीजिये। जब शीशी में पानी खौलने लगे, उसे पतीली से निकाल लीजिये और पहले से तैयार किये गये एक डाट से उसका मुँह अच्छी तरह बंद कर दीजिये। सब शीशी को औंधा लटका कर थोड़ा इंतजार करें। जब भीतर पानी का खौलना बंद हो जाये, तो उसकी पेंदी पर थोड़ा



चित्र 87. फ्लास्क में पानी चित्र 88. टिन का डिब्बा का उबलना। ठंडा करने का नतीजा।

बर्फ रखें, या चित्र 87 की भाँति उस पर ठंडा पानी ढालें, — ग्रौर ग्राप देखेंगे कि पानी खौलने लगा है... बर्फ ने वह कर दिया जो खौलता पानी नहीं कर सका!

बात ग्रौर भी रहस्यमय लगेगी, जब ग्राप शीशी छू कर देखेंगे कि वह कुछ विशेष गर्म नहीं है, पर पानी खोल रहा है।

दरग्रसल बर्फ शीशी की दीवारों को ठंडा कर देता है ग्रौर परिणामस्वरूप भीतर का वाष्प संघितत हो कर पानी की बूंदों में परिणत हो जाता है। ग्रौर चूँकि शीशी में से हवा पानी खौलाते वक्त ही निकल गयी थी, इसलिये उसके भीतर स्थित पानी पर दबाव बहुत कम रह जाता है। कम दबाव पर द्रव ग्रावश्यक तापक्रम से कम पर ही खौलने लगता है। यही कारण है कि शीशी का पानी ठंडा होने पर भी खौलता रहता है।

यदि शीशी की दीवारें काफी पतली होंगी, तो वाष्प के हठात् संघनन से विस्फोट हो जा सकता है: वाह्य हवा भीतर से हवा का प्रतिरोध न पाकर शीशी को दबाव से तोड़ देगी (इसीलियं इसे सही माने में विस्फोट नहीं कहा जा सकता)। बेहतर होगा यदि स्राप गोल पेंदी की शीशी (जैसे उन्नतोदर पेंदी वाले फ्लास्क) के साथ प्रयोग करेंगे। शीशी की गुंबजाकार पेंदी वाह्य हवा के दबाव को सहन कर लेगी।

ग्राप एक दूसरा प्रयोग भी कर सकते हैं, जिसमें किसी दुर्घटना का डर नहीं है। एक टिन के डिब्बे में थोड़ा पानी खौला कर उसका डाट ग्रच्छी तरह बंद कर लीजिये ग्रौर उस पर ठंडा पानी उड़ेलिये। वाष्प से भरा डिब्बा वाह्य हवा के दबाव से पिचक जायेगा, क्योंकि भीतर का वाष्प ठंडा हो कर पानी में परिणत हो जायेगा। डिब्बा पिचक कर इस तरह टेढ़ा-मेढ़ा हो जायेगा, जैसे उस पर हथौड़े चलाये गये हों (चित्र 88)।

#### बैरोमीटर का शोरबा

ग्रमरीकी व्यंग्यकार मार्क ट्वेन ग्रपनी पुस्तक "विदेश-भ्रमण" में श्राल्प की यात्रा का एक किस्सा बताते हैं। किस्सा मनगढ़त है:

"किठनाइयां समाप्त हुईं; लोग म्रब विश्राम कर सकते थे भ्रौर मैं इस ग्रिमियान के वैज्ञानिक पक्षों पर कुछ सोच-विचार कर सकता था। सबसे पहले मैं बैरोमीटर की सहायता से उस स्थान की ऊँचाई ज्ञात करना चाहता था, जहाँ हम लोग टिके हुए थे। पर मेरे सारे प्रयत्न ग्रसफल रहे। किताबें पढ़-पढ़ कर मैंने विज्ञान का जो ज्ञान इकट्ठा किया था, उसके अनुसार मुझे थर्मोमीटर या बैरोमीटर उबालना था। लेकिन क्या – यह मैं ठीक-ठीक नहीं जानता था श्रौर इसीलिये मैंने दोनों को उबालने का निश्चय किया

पर बात बनी नहीं। उपकरणों को देख कर मुझे विश्वास करना पड़ा कि दोनों ही खराब हो चुके थे: बैरोमीटर में दबाव दिखाने वाली सूई बची थी और थर्मोमीटर में सिर्फ पारे की घुंडी और उसमें छलकता हुआ पारा...

मैंने एक दूसरा बैरोमीटर ढूंढ़ कर निकाला; वह बिल्कुल नया था श्रौर बहुत ही अच्छा काम कर रहा था। मैंने उसे आधे घंटे तक सेम के शोरबे में उबाला, जिसे हमारा रसोइया बना रहा था।



चित्र 89. मार्क ट्वेन द्वारा "वैज्ञा-निक ग्रध्ययन"।

परिणाम की आशा मैंने नहीं की थी: उपकरण ने काम करना बिल्कुल बंद कर दिया और शोर बे में बैरोमीटर का स्वाद आने लगा। उसका स्वाद इतना तेज था कि मुख्य रसोइये ने, जो बहुत ही समझदार आदमी था, व्यंजनों की सूची में इस शोरबे का नाम काट कर नया नाम रख दिया। चूँ कि नया शोरबा सभी को पसंद आया, इसलिये मुझे हर दिन बैरोमीटर का शोरबा बनाने का आदेश देना पड़ा। बैरोमीटर सचमुच खराब हो

गया, पर इसका मुझे कोई श्रफसोस नहीं था। जब उससे ऊँचाई नापने में सहायता नहीं मिली, तो फिर उसकी जरूरत ही क्या थी! "

खैर, मजाक छोड़ें स्रौर निम्न प्रश्न पर गौर करें: वस्तुतः क्या उबालना चाहिये था – थर्मोमीटर या बैरोमीटर?

थर्मोमीटर। ग्रौर इसका कारण यह है:

पिछले प्रयोगों से हम देख चुके हैं कि पानी पर दबाव जितना कम होगा, उसके उबलने का तापक्रम भी उतना ही कम होगा। पहाड़ पर वातावरण का दबाव घटता है, इसलिये वहाँ पानी के उबलने का तापक्रम भी कम होना चाहिये।

भिन्न वातदाबों पर शुद्ध जल के उबलने का तापक्रम सचमुच ही भिन्न होता है:

| उबलने का तापक्रम , °C | बैरोमीटरी दबाव, mm |
|-----------------------|--------------------|
| 101                   | 787,7              |
| 100                   | <b>76</b> 0        |
| 98                    | 707                |
| 96                    | 657,5              |

| उबलने का तापक्रम , °C | बैरोमीटरी दबाव, mm |
|-----------------------|--------------------|
| 94                    | 611                |
| 92                    | <b>567</b>         |
| 90                    | 525,5              |
| 88                    | 487                |
| 86                    | 450                |

बेर्न (स्वीटजरलैंड) में, जहाँ वातावरण का ग्रौसत दबाव 713 mm है, पानी खुले बरतन में 97.5° पर उबलने लगता है। मोंटव्लांक की चोटी पर बैरोमीटर 424 mm दबाव दिखाता है ग्रौर वहाँ पानी सिर्फ 84.5° पर खौलता है। हर एक किलोमीटर ऊँचा जाने पर क्वथनांक (पानी उबलने का तापक्रम) 3°C नीचे उतर ग्राता है। मतलब कि यदि हम पानी के उबलने का तापक्रम नाप लेते हैं (या ट्वेन के शब्दों में — "थर्मोमीटर उबालते हैं"), तो तदन रूप सारणी देख कर हम उस स्थान की ऊँचाई बता सकते हैं। लेकिन सारणी पहले से तैयार रखनी होगी, जिसके बारे में मार्क ट्वेन बिल्कुल ही भूल गये थे।

इस काम के लिये श्रक्सर प्रयुक्त होने वाला उपकरण – उच्चतातापमापी (हिप्सोयर्मोमीटर) – ढोने में धातु के बैरोमीटर जितना ही सुविधाजनक है, पर इससे कहीं श्रधिक शुद्ध मान मिलते हैं।

स्पष्ट है कि बैरोमीटर भी स्थान की ऊँचाई निर्धारित करने में सहायक हो सकता है, क्योंकि वह बिना कुछ "उबाले" ही वातावरण का दबाव बता देता है। दबाव तथा ऊँचाई के बीच संबंध बिल्कुल सरल है: जितना ही हम ऊपर उठते हैं, दबाव उतना ही कम होता जाता है। पर सारणी की ग्रावश्यकता यहाँ भी पड़ेगी; ऐसी सारणी की, जो सागर-स्तर से ऊपर उठने पर दबाव में होने वाली किमयां बता सके। यदि सारणी नहीं है, तो ग्रावश्यक सूत्रों का ज्ञान होना ग्रावश्यक है। व्यंग्यकार के दिमाग में ये बातें उलट-पुलट हो गयी होंगी, इसीलिये उन्हें "बैरोमीटर का शोरबा" बनाना पड़ा।

## क्या उबलता पानी हमेशा गर्म होता है?

जूल बेर्न के उपन्यास "हेक्तर सेर्वादाक" के भ्रर्दली बेन-जूफ से पाठक भ्रवस्य ही परिचित होंगे। बेन-जूफ को पूरा विश्वास था कि खौलता पानी हर जगह समान रूप से गर्म होता है। शायद वह सारी जिंदगी यही सोचता, यदि संयोगवश श्रपने कमांडर सेर्वादाक के साथ पुच्छल तारा पर नहीं पहुँच गया होता। यह घुमक्कड़ नक्षत्र पृथ्वी से टकरा कर हमारे ग्रह का वह भाग काट ले गया, जहाँ ये दोनों पात्र उस समय मौजूद थे। पुच्छल के दीर्घवृत्तीय कक्ष पर भ्रमण करते वक्त ही अर्दली को पहली बार अनुभव हुआ कि उबलता पानी सर्वत्र समान रूप से गर्म नहीं होता। यह खोज उसने बिल्कुल संयोगवश की, जब वह नाश्ता तैयार कर रहा था।

"बेन-जूफ ने पतीले में पानी ढाल कर उसे चूल्हे पर चढ़ाया ग्रौर उसके खौलने का इंतजार करने लगा। उसे ग्रंडे उबालने थे, जो उसे भीतर से खाली प्रतीत हो रहे थे; वहाँ उनका भार बहुत ही घट गया था।

दो मिनट भी नहीं बीता कि पानी खौलने लगा।

- कंबब्त ! कितनी गर्म है आग यहाँ। बेन-जूफ आश्चर्य से बोल उठा।
- भ्राग श्रिधक गर्म नहीं है, सेर्वादाक ने थोड़ा सोच कर
   कहा, यहाँ पानी जल्द उबलता है।

ग्रौर उसने सेल्सियस का तापमापी दीवार से उतार कर खौलते पानी में डुबा दिया।

तापमापी सिर्फ छियासठ डिग्री दिखा रहा था।

- —यह बात है! ग्रौफिसर ने कहा। पानी सौ की बजाय छियासठ डिग्री पर खौल रहा है।
  - -तो फिर, कैंप्टेन?...
- फिर, बेन-जूफ, मैं तुम्हे ग्रंडे खौलते पानी में पंद्रह मिनट तक रखने की सलाह देता हैं।
  - वे बहुत सख्त हो जायेंगे।
  - नहीं दोस्त, वे मुश्किल से सीझे होंगे।"

इस विचित्रता का कारण संभवतः वातावरण की ऊँचाई कम हो जाने में था। जमीन के ऊपर हवा के स्तंभ की ऊँचाई करीब तिहाई कम हो गयी थी, जिससे वातदाब कम हो गया था श्रौर पानी सौ की बजाय छियासठ डिग्री पर खौलने लगा था। पृथ्वी पर यह बात 11000 m ऊँचे पर्वत पर देखने को मिलती। यदि कैप्टेन के पास बैरोमीटर होता, तो उसे वातदाब की कमी का पता लग जाता।"

हम इन पात्रों द्वारा म्रवलोकित तथ्यों पर संदेह नहीं करेंगे: वे कहते हैं कि पानी 66 डिग्री पर खौल रहा है; हम इसे सत्य मान लेते हैं। पर यह बात म्रवश्य ही शंकाजनक है कि इतने विरल वातारण में वे म्रपने को भला-चंगा महसूस कर रहे थे।

"सर्वादाक" के लेखक बिल्कुल सही कहते हैं कि इस तरह की संवृत्ति 11000 m की ऊँचाई पर देखने को मिलती: कलन से सिद्ध किया जा सकता है कि इस ऊँचाई पर पानी को सचमुच 66°C पर खौलना चाहिये। पर वहाँ हवा का दबाव सिर्फ 190 mm ऊँचे पारद-स्तंभ के दबाव के बराबर होगा, जो साधारण से ठीक चौगुना कम है। इतनी विरल हवा में साँस ले सकना ग्रसंभव है! यह ऊँचाई स्ट्रैटोस्फेयर की है। बिना ग्राक्सीजन की नकाब के पायलट इस ऊँचाई पर ग्रपना होश खो बैठते हैं, पर सेर्वादाक ग्रीर उसका ग्रदंली ग्रपने को बिल्कुल स्वस्थ्य महसूस कर रहे थे। ग्रच्छा ही हुग्रा कि सेर्वादाक के पास बैरोमीटर नहीं था, ग्रन्यथा उपन्यासकार को वहाँ के दाब का भौतिकी-संगत मान छिपा कर कोई दूसरा मान दिखाना पडता।

यदि हमारे पात्र किसी काल्पनिक पुच्छल तारे पर नहीं, मंगल ग्रह पर पहुँच जाते, तो उन्हें श्रौर भी कम तापक्रम (सिर्फ  $45^{\circ}C$ ) पर खौलने वाला पानी पीना पड़ता।

इसके विपरीत, यदि हम किसी गहरे खान की तली पर पहुँच जायें, तो वहाँ पृथ्वी-तल की तुलना में कहीं ग्रिधिक वातदाब होगा। इसीलिये पानी  $300~\mathrm{m}$  गहरे खान में  $101^\circ$  पर खौलता है श्रौर  $600~\mathrm{m}$  की गहराई में  $-102^\circ$  पर।

यदि दबाव बहुत ग्रधिक हो, तो पानी को वाष्प-इंजन की भट्टी ही खौला सकती है। उदाहरण के लिये, 14 वातदाब पर पानी खौलाने के

 $<sup>^1</sup>$  हम पहले बता चुके हैं (पृ. 184 पर) कि पानी का क्वथनांक एक किलोमीटर ऊपर उठने पर  $3^{\circ}$ C नीचे उतर स्राता है, स्रतः क्वथनांक के  $66^{\circ}$  होने के लिये  $34:3\approx11~\mathrm{km}$  ऊँचा जाना होगा।

लिये  $200^{\circ}$ C का ताप चाहिये! इसके विपरीत, यदि बरतन में से हवा वायु-निष्काषक पंप द्वारा निकाली जा चुकी है, तो उसमें पानी कमरे के साधारण तापक्रम  $20^{\circ}$ C पर ही खौलने लगेगा।

#### गर्म बर्फ

ऊपर ठंडे खौलते पानी की बात चल रही थी। पर इससे भी ग्राश्चर्य-जनक चीज है: गर्म बर्फ। हम यह सोचने के ग्रादी हो गये हैं कि 0° से ग्रिष्ठिक तापक्रम पर पानी ठोस ग्रवस्था में नहीं रह सकता। पर श्रंग्रेज भौतिकविद बिजमेन की खोजों से ज्ञात होता है कि यह सही नहीं है: यदि दबाव बहुत ग्रिष्ठिक हो, तो पानी शून्य से ऊँचे तापक्रम पर भी ठोस ग्रवस्था में रह सकता है या उसमें संक्रमण कर जा सकता है। बिजमेन ने दिखाया कि बर्फ सिर्फ एक प्रकार की नहीं होती; उसके कई प्रकार होते हैं। जिस बर्फ को उन्होंने "बर्फ न. 5" की संज्ञा दी, वह 20600 वातदाब पर प्राप्त होती है ग्रीर उसका तापक्रम 76°C होता है। यदि हम उसे छू पाते, तो हमारी उंगली जल जाती। लेकिन उसे छूना संभव नहीं है: बर्फ न. 5 शक्तिशाली संपीडक (प्रेस) के दबाव से मोटी दीवार वाले बरतन में बनती है, जो सबसे ग्रच्छे इस्पात का होता है। इसीलिये उसे देखना या हाथ में लेना संभव नहीं है; उसके गुणों के बारे में हम सिर्फ ग्रप्रत्यक्ष विधियों से बता सकते हैं।

एक रोचक बात यह भी है कि "गर्म बर्फ" साधारण बर्फ से ही नहीं, पानी से भी भारी होती है: उसका विशिष्ट भार 1.05 के बराबर है; वह पानी में डूब जाती है, जबिक साधारण बर्फ तैरती रहती है।

### कोयले से ठंड

कोयले से गर्मी की बजाय ठंड की प्राप्ति कोई कोरी कल्पना नहीं है: यह तथाकथित "शुष्क बर्फ" बनाने वाले कारखानों में हर दिन किया जाता है। उसमें स्थित कार्बन डायक्साइड गैस क्षारीय घोल में कैंद कर ली जाती है। फिर उसे गर्म करके शुद्ध कार्बन डायक्साइड प्राप्त करते हैं ग्रौर इसे 70 वातदाब पर संपीडित कर के ठंडा करते हैं, जिससे वह द्वव ग्रवस्था में ग्रा जाती है। यह वही द्रव कार्बोनिक ग्रम्ल है, जो गैस-मिश्रित पेय तैयार करने के लिये मोटे-मोटे सिलिंडरों में कारखानों तक लाया जाता है। ग्रौद्योगिकी में भी इसका काफी उपयोग है। यह इतना ठंडा होता है कि जमीन तक को जमा दे सकता है; मास्को में मेट्रो (भूगत रेलपथ) बनाते वक्त गीली जमीन को जमाने के लिये भी इसका उपयोग किया था। पर ग्रनेक दूसरे कार्यों के लिये कार्बोनिक ग्रम्ल ठोस ग्रवस्था में प्राप्त करना इष्ट है, जिसे शुष्क बर्फ कहते हैं।

णुष्क बर्फ, अर्थात् ठोस कार्बोनिक अप्रस्त, कम दबाव पर द्रव के शीघ्र वाष्पीकरण द्वारा प्राप्त करते हैं। इसके टुकड़े देखने में ऐसे लगते हैं, जैसे भुरभुरी बर्फ दबा कर प्रेस कर दी गयी हो। साधारण बर्फ से यह कई बातों में भिन्न है। यह साधारण बर्फ से भारी होता है और पानी में दूब जाता है। इसका तापक्रम इतना कम (ऋण 70°) होने पर भी यदि सावधानीपूर्वक उसे हाथ में लिया जाये, तो उंगलियां ठंड से गल नहीं जातीं: उसे छूते ही त्वचा की गर्मी से बनी कार्बन डायक्साइड त्वचा को आवृत्त कर लेती है और उंगलियों को भीषण ठंड से बचाने लगती है। सिर्फ उसे मुट्टी में जकड़ने से उंगलियों के गलने का खतरा रहता है।

"शुष्क बर्फ" नाम इस बर्फ की एक विशेषता पर प्रकाश डालता है: वह कभी गीली नहीं होती और न ही म्रास-पास की वस्तुओं को गीली करती है। ताप के प्रभाव से वह बिना द्रव में परिवर्तित हुए ही गैसीय म्रवस्था में संक्रमण कर जाती है। वह 1 वातदाब पर द्रव की म्रवस्था में नहीं रह सकती।

ग्रपनी इस विशेषता श्रौर ग्रपने ग्रति निम्न तापक्रम के कारण शुष्क बर्फ कई व्यावहारिक कार्यों के लिये उत्तम शीतकारी वस्तु मानी जाती है। यह ठंडी की जाने वाली खाद्य-सामग्रियों को ग्राई नहीं करती ग्रौर कार्बन डायक्साइड का वातावरण कीटाणुग्रों ग्रादि को पनपने नहीं देता। ऐसे वातावरण में त्रूहे ग्रौर कीड़े-मकोड़े भी नहीं जी सकते। इसके ग्रतिरिक्त, कार्बन डायक्साइड एक विश्वस्त ग्रिग्निशामक पदार्थ भी है: शुष्क बर्फ के चंद टुकड़े जलती पेट्रौल को बुझा दे सकते हैं। इन्हीं सारे कारणों से शुष्क बर्फ का घरेलू कार्यों व ग्रौद्योगिकी में इतना उपयोग है।

# चुंबकत्व. विद्युत

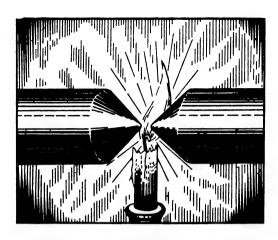
#### "प्यार भरा पत्थर"

यह काव्यात्मक नाम चीन में प्राकृतिक चुंबक को दिया गया है। चीनी कहते है: प्यार भरा पत्थर (त्यू-शी) लोहे को इस प्रकार अपनी और खींचता है, जैसे ममता भरी माँ अपने बच्चों को। ध्यान देने योग्य है कि पुरानी दुनिया (पूर्वी गोलाई के देशों) के बिल्कुल दूसरे सिरे पर स्थित फांस में भी चुंबक का कुछ ऐसा ही नाम है: "aimant" जिसका अर्थ "चुंबक" भी है और "प्यार करने वाला" भी।

इस "प्यार" की शक्ति प्राकृतिक चुंबक में बहुत क्षीण होती है स्रौर इसीलिये चुंबक का ग्रीक नाम "हरकुलस का पत्थर" कुछ बचकाना सा लगता है। प्राचीन ऐलादवासी यदि प्राकृतिक चुंबक की साधारण शक्ति से इतने चिकत थे, तो वे स्राधुनिक कारखानों में प्रयुक्त टन के टन लोहा खींचने वाले चुंबकों को देख कर क्या कहते। यह स्रौर बात है कि ये प्राकृतिक चुंबक नहीं, बिल्क "विद्युत-चुंबक" है। दूसरे शब्दों में, ये लोहे के टुकड़े हैं, जो उन पर लपेटे गये तार में प्रवाहित विद्युतधारा के कारण चुंबकीय गुण प्राप्त करते हैं। पर दोनों ही स्थितियों में स्राकर्षणबलों की प्रकृति समान होती है, जिसे चुंबकत्व कहते हैं।

यह नहीं सोचना चाहिये कि चुंबक सिर्फ लोहे पर ग्रपना प्रभाव डालता है। कई ग्रन्य पिंड भी हैं, जो शक्तिशाली चुंबक का प्रभाव, लोहे जितना तो नहीं, पर, ग्रनुभव करते हैं। निकेल, कोबाल्ट, मैंगनीज, प्लैटिनम, सोना, चांदी, ग्रल्युमीनियम ग्रादि धातु भी चुंबक द्वारा ग्राकर्षित होते हैं, पर कम शक्ति से। तथाकथित पारचुंबकीय पिंडों के गुण भी ग्रत्यंत मह्त्वपूर्ण है: ये शक्तिशाली चुंबक से विकर्षित होते हैं। इनके उदाहरण हैं – जस्ता, सीसा, गंधक, बिस्मथ ग्रादि।

द्रव और गैसें भी चुंबक से आकर्षित या विकर्षित होती हैं, पर बहुत



विदा 90. विद्युत-चुंबक के ध्रुवों के बीच मोमबत्ती की लौ।

ही क्षीण शक्ति से। इन द्रव्यों को प्रभावित करने के लिये चुंबक को ग्रत्यंत शिक्तिशाली होना चाहिये। उदाहरण के लिये, शुद्ध ग्रम्लजन (ग्रीक्सीजन) चुंबक से ग्राकिष्तित होती है। यदि साबुन के बुलबुले को किसी शिक्तिशाली विद्युचुंबक के ध्रुवों के बीच रखा जाये, तो बुलबुला चुंबक की ग्रदृश्य शक्ति से दोनों ध्रुवों की ग्रोर लमड़ जायेगा। शक्तिशाली चुंबक के सिरों के बीच भोमबत्ती की लौ ग्रपना सामान्य रूप खो देती है; यह चुंबकीय शक्ति के प्रति उसकी संवेदनशीलता दिखाता है (चित्र 90)।

# कंपास का एक प्रश्न

हम यह सोचने के म्रादी हो गये हैं कि कंपास की सूई का एक सिरा उत्तर म्रौर दूसरा दक्षिण दिखाता है। इसीलिये हमें निम्न प्रश्न सिर-फिरा सा लगेगा: पृथ्वी के किस स्थान पर चुंबकीय सूई के दोनों सिरे उत्तर दिशा दिखायेंगे?

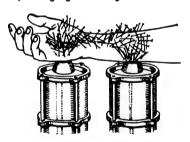
इतना ही निरर्थंक यह प्रश्न भी लगेगा: पृथ्वी के किस स्थान पर कंपास दोनों सिरों से दक्षिण दिशा बतायेगा?

म्राप शायद यह कहना चाहते हैं कि पृथ्वी पर ऐसा कोई स्थान नहीं है। पर वस्तुतः ऐसा स्थान है। स्मरण करें कि पृथ्वी के चुंबकीय ध्रुव उसके भौगोलिक ध्रुवों से भिन्न हैं। ग्रब ग्राप समझ रहे होंगे कि उक्त प्रश्नों में हमारे ग्रह के किन स्थानों की बात चल रही है। दक्षिणी भौगोलिक ध्रुव पर रखे गये कंपास की सूई किस दिशा को इंगित करेगी? उसका एक सिरा निकटतम चुंबकीय ध्रुव की ग्रोर इंगित करेगा ग्रौर दूसरा उसकी विपरीत दिशा दिखायेगा। पर दक्षिणी भौगोलिक ध्रुव से ग्राप जिधर भी जायेंगे, सिर्फ उत्तर दिशा ही होगी; दक्षिणी भौगोलिक ध्रुव से दुसरी दिशा में नहीं जा सकते, — उसके चारों ग्रोर सिर्फ उत्तर ही है। ग्रतः वहाँ रखी गयी चुंबकीय सूई ग्रपने दोनों ही सिरों से सिर्फ उत्तर दिशा दिखायेगी।

ठीक इसी प्रकार से उत्तरी भौगोलिक ध्रुव पर लाये गये कंपास की सूई श्रपने दोनों सिरों से दक्षिण दिशा दिखायेगी।

# चुंबकीय बल-रेखायें

फोटोग्राफ से उतारे गये चित्र 91 में एक रोचक दृश्य दिखाया गया है: विद्युतचुंबक के ध्रुवों पर रखे गये हाथ पर खड़े कड़े बालों जैसी बड़ी-



चित्र 91. चुंबकीय बल हाथ के पार जा सकते हैं।

बड़ी काँटियों के गुच्छे लगे हैं।
स्वयं हाथ चुंबकीय बल को बिल्कुल
नहीं महसूस करता: अदृश्य धागे
हाथ के पार निकल जाते हैं भौर
हाथ को उनकी उपस्थिति का
पता भी नहीं लगता। पर लोहे
की काँटियां उसके प्रभाव के भधीन
हो जाती हैं भौर एक विशेष कम
में लग जाती हैं। उनकी दिशायें
चुंबकीय बलों की दिशाएं दर्शाती हैं।

ग्रादमी के पास कोई चुंबकीय ज्ञानेंद्रिय नहीं है; इसीलिये हम चुंबक को ग्रावृत्त रखने वाले चुंबकीय बलों की विद्यमानता का सिर्फ ग्रंदाजा लगा सकते हैं। पर ग्रग्रत्यक्ष रूप से व्योम में इन बलों के वितरण का चित्र

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यदि हमारे पास चुंबकीय प्रभावों को प्रत्यक्ष रूप से मनुभव करने के लिये कोई इंद्रिय होता, तो हमें कैसा लगता – यह जानना भी कम रोचक

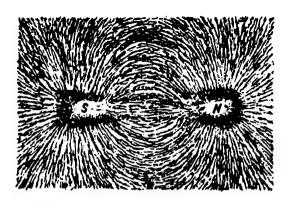
प्राप्त करना किन नहीं है। इसके लिये लोहे के महीन बुरादे का उपयोग करना उत्तम रहेगा। चिकने गत्ते के एक टुकड़े पर समरूप परत के रूप में ये बुरादे फैला लें; गत्ते के नीचे साधारण चुंबक रख कर गत्ते पर उंगली से हल्के-हल्के चोट देते हुए बुरादों को उछालें। चुंबकीय बल गत्ते श्रीर शीशे श्रादि के श्रार-पार स्वतंत्र रूप से प्रसारित हो सकते हैं, इसीलिये श्राप देखेंगे कि बुरादों का चुंबकीकरण हो गया है। जब हम ठोकर देते हैं, तो वे उछल कर क्षण भर को गत्ते से श्रलग हो जाते हैं श्रीर इस श्रतराल में चुंबकीय बल के प्रभाव से सरलतापूर्वक उस दिशा में घूम जाते हैं, जो दिशा उस बिंदु पर चुंबकीय "बल-रेखा" की दिशा है। श्रंततः बुरादे कतारों में लग जाते हैं, जो श्रदृश्य चुंबकीय रेखाश्रों का वितरण द्योतित करती हैं।

गत्ते को चुंबक पर रख कर उसे ठोकर देने से हमें चित्र 92 की भाँति श्राकृति मिलेगी। चुंबकीय बल मुड़ी रेखाओं का एक जटिल विन्यास बनाते हैं। बुरादों के श्रापस में सटने की विधि से श्राप देख सकते हैं कि वे चुंबक के हर ध्रुव से श्रपसृत होते हैं श्रौर दोनों ध्रुवों को मिलाने वाले छोटे-बड़े

नहीं होगा। झींगा मछली में इस प्रकार का इंद्रिय लगाने में पहले-पहल केंडिल को सफलता मिली थी। उन्होंने देखा कि छोटी युवा झींगा मछिलयां प्रपने कान में नन्हें कंकड़ घुसा लिया करती हैं। ये कंकड़ ग्रपने भार के कारण एक संवेदनशील बाल पर प्रभाव डालते हैं, जो झींगे के संतुलनकारी ग्रंग का एक महत्वपूर्ण भाग है। इस तरह के कंकड़ ग्रादमी के भी कान में होते हैं; इन्हें कर्णाश्म कहा जाता है। उदग्र नीचे भार डाल कर ये गुरूत्व बल की दिशा का ज्ञान कराते हैं। केंडिल ने इन कंकड़ों की जगह लोहे के बुरादे रख दिये। मछिलयों ने इस पर कोई ध्यान नहीं दिया। जब उनके समीप चुंबक लाया गया, तो वे चुंबकीय व गुरूत्व बलों के परिणामी बल की दिशा के ग्रभिलंब तल पर तैरने लगीं।

<sup>&</sup>quot;पिछले समय ये प्रयोग कुछ परिवर्तित रूप में श्रादिमयों पर भी सफल हुए हैं। केलेर ने कर्ण-पट के साथ लोहे के कुछ महीन कण चिपका दिये, जिसके फलस्वरूप कान चुंबकीय बल को एक विशेष ध्विन के रूप में ग्रनुभव करने लगा"

<sup>(</sup>प्रो. ग्रो. विनेर)

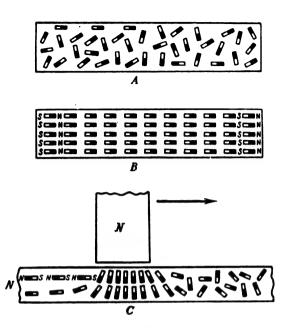


चित्र 92. चुंबक के ध्रुवों पर रखे गत्ते पर लोहे के बुरादों की स्थिति (फोटोचित्र से)।

म्रनिगत चाप बनाते हैं। लोहे के बुरादे उस चीज को दृश्य-सुगम बना देते हैं, जिसे भौतिकविद ग्रपनी कल्पना में देखते हैं ग्रौर जो ग्रदृश्य रूप से हर चुंबक के चारों ग्रोर विद्यमान रहती है। ध्रुवों के निकट बुरादों की कतारें घनी व स्पष्ट हैं, ध्रुव से दूर जाने पर वे विरल ग्रौर ग्रस्पष्ट होती जाती हैं। यह दृगम रूप से सिद्ध करता है कि दूरी बढ़ने पर चुंबकीय बल क्षीण होते जाते हैं।

# इस्पात का चुंबकीकरण कैसे होता है?

पाठक म्रक्सर यह पूछते हैं, पर इस प्रश्न का उत्तर देने के पहले यह समझना म्रावश्यक है कि इस्पात के कोरे छड़ मौर चुंबक के बीच क्या म्रंतर है। इस्पात चुंबकीकृत हो या म्रचुंबकीकृत, उसके हर परमाणु को एक नन्हा सा चुंबक माना जा सकता है। म्रचुंबकीकृत इस्पात में ये परमाणुचुंबक इतनी बेतरतीबी से पड़े होते हैं कि उनमें से हरेक का प्रभाव विपरीत दिशा में पड़े दूसरे परमाणु चुंबक के कारण नष्ट हो जाता है (चित्र 93,A)। इसके विपरीत, चुंबक में ये सभी नन्हे प्राथमिक चुंबक कम-बद्ध स्थित में होते हैं; उनके समान ध्रुव चित्र 93,B की भाँति समान दिशा में होते हैं।



िवस 93. A - इस्पात के अचुंबिकत पट्टे में भ्राण्विक चुंबकों की स्थिति; B -वही, चुंबिकत इस्पात में; C -चुंबक बनाये जाने वाले इस्पात के भ्राण्विक चुंबकों पर चुंबकीय ध्रुव का प्रभाव।

जब लोहे के टुकड़े को चुंबक से रगड़ा जाता है, तक उसमें क्या होता है? अपनी आकर्षण शक्ति से चुंबक लोहे के टुकड़े में स्थित नन्हें चुंबक की दिशा उलटने लगता है, तािक उनके समान प्रकार के ध्रुव समान दिशा में हो जायें। चित्र 93 C इस किया को दृश्यसुगम बनाता है: प्राथमिक चुंबक के दक्षिणी ध्रुव प्रथमतः चुंबक के उत्तरी ध्रुव की भ्रोर उन्मुख होते हैं और फिर, जब चुंबक को भ्रागे बढ़ाया जाता है, वे उसकी गित की दिशा में भ्रुपने दक्षिणी ध्रुव को छड़ के मध्य की भ्रोर करने लगते हैं।

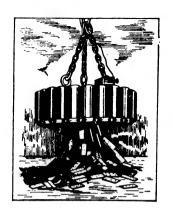
इससे ग्राप सरलतापूर्वक समझ सकते हैं कि चुंबक द्वारा इस्पात के छड़ का किस प्रकार चुंबकीकरण करना चाहिये: छड़ के एक छोर से चुंबक का एक ध्रुव सटा कर उसे छड़ के दूसरे छोर तक रगड़ना चाहिये। यह चुंबकीकरण की सरलतम व प्राचीनतम विधि है, पर इससे सिर्फ छोटे ग्राकारों के कमजोर चुंबक बन सकते हैं। शक्तिशाली चुंबक विद्युतधारा के गुणों का उपयोग कर के बनाया जा सकता है।

## भीमकाय विद्युतीय चुंबक

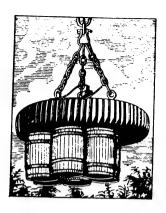
धातुकर्मी कारखानों में ग्राप बड़े-बड़े बोझ उठाने वाले विद्युत-ऋेन देख सकते हैं। लोहा ढलैया करने वाले ग्रौर इसी तरह के दूसरे कारखानों में लोहे के भारी टुकड़ों को उठाने व इधर से उधर करने में इनसे बहुत बड़ी सहायता मिलती है।

चित्र 94 व 95 में चुंबक का यह लाभदायक काम दिखाया गया है। लोहे के तस्तों को एक ढेर में जमा करना और एक जगह से दूसरी जगह ले जाना कितनी परेशानी का काम है, पर चित्र 94 का शक्तिशाली चुंबकीय केन उन्हें यूँ ही एक बार में उठा लेता है। यहां सिर्फ शक्ति की ही बचत नहीं होती, काम भी ग्रासान हो जाता है। चित्र 95 में ग्राप देखते हैं कि चुंबककेन पीपों में पैक किये गये कॉंटियों को भी कर दूसरी जगह रख सकता है, एक बार में ही कॉंटियों के छे पीपों को। एक धातुकर्मी कारखाने में एक साथ दस रेल की पटरियां उठाने वाले चार चुंबक-केन हाथ से काम करने वाले दो सौ मजदूरों का स्थान ले सकते हैं। इन बोझों को केन से बांधने की भी चिंता नहीं करनी है: जबतक विद्युचुंबक की कुंडली में बिजली की धारा चल रही है, एक टुकड़ा भी नहीं गिरेगा।

पर यदि किसी कारणवश कुंडली में धारा रूक जाये, तो दुर्घटना अवश्यंभावी है। शुरू-शुरू ऐसी घटनायें होती थीं। "अमरीका के एक कारखाने में एक तकनीकी पित्रका में खबर छपी थी – विद्युत-चुंबक मालगाड़ी से लाये गये कच्चे लोहे को उठा कर भट्ठी में झोंक रहा था। अचानक नियाग्रा जलप्रपात के विद्युत-केंद्र में कोई गड़बड़ी हो गयी और लाइन कट गयी; विद्युचंबक से लोहे का ढेर एक मजदूर के सिर पर गिर गया। भविष्य में ऐसी दुर्घटनायें न हों, और साथ ही बिजली की बचत हो सके, इसके लिये विद्युच्चंबकों में एक विशेष प्रयुक्ति लगायी जा रही है। जब वस्तुएं चुंबक द्वारा उठ कर केन से चिपक जाती हैं, उनके बगल से मजबूत इस्पात के पंजे निकल कर उन्हें अच्छी तरह से जकड़ लेते हैं और उन्हें गिरने से रोके रखते हैं। दुलाई के समय बिजली काट दी जाती है।"



िष्य 🔛 लोहे के चदरों को उठाने के लिये विद्युत-चुंबकीय केन।



चित्र 95 काँटी भरे पीपों को उठाने के लिये विद्युत -चुंबकीय केन।

चित्र 94 व 95 में दर्शित विद्युच्चुंबकों का व्यास 1.5 m तक का होता है: हर चुंबक 16 टन भारी वस्तु (मालगाड़ी का डब्बा) उठा सकता है। इस तरह का एक चुंबक दिन भर में कुल मिला कर 600 टन का भार उठाता है। ऐसे भी विद्युत-चुंबक हैं, जो एक बार में 75 टन तक का भार, ग्रर्थात, रेलगाड़ी का एक पूरा इंजन उठा ले सकते हैं!

विद्युत-चुंबकों के इस का को देख कर कुछ पाठकों के मन में ऐसा विचार उठ सकता है: चुंबकों की सहायता से तप्त कच्चा लोहा उठाना कितना सुविधाजनक होता। पर ग्रफसोस की बात है कि यह सिर्फ एक विशेष तापक्रम तक ही संभव है, क्योंकि बहुत तप्त लोहा चुंबकीकृत नहीं होता। 800° तक गर्म किया गया चुंबक ग्रपने चुंबकीय गुण खो देता है।

धातुशोधन के आधुनिक तकनीक में विद्युत-चुंबक के उपयोग का काफी प्रचलन है। उसका उपयोग लोहे के सामानों को रोक कर रखने, आगे बढ़ाने आदि में होता है। सेकड़ों प्रकार के सीकेट, टेबुल आदि बनाये जा चुके हैं, जो शोधन का कार्य आसान बनाते हैं, उसे जल्द पूरा करने में सहायक होते हैं।

## चुंबक से जादू

विद्युचंबकीय बल का उपयोग कभी-कभी जादूगर लोग भी करते हैं; ग्राप समझ रहे होंगे कि इस अदृश्य बल की सहायता से कितने प्रभावशाली द्रिक दिखाये जा सकते हैं। "बिजली के उपयोग" नामक विख्यात पुस्तक के लेखक डेरी एक फांसीसी जादूगर से सुनी कहानी उद्धृत करते हैं। जादूगर महोदय अलजीरिया में एक जादू दिखा रहे थे, जिसने वहाँ के अनपढ़ दर्शकों के बीच सच्चे चमत्कारी की पदवी पा ली थी।

"मंच पर, - जादूगर अपनी कहानी सुना रहे हैं, - सिकड़ी से बंघा एक छोटा सा डब्बा पड़ा हुआ है। मैं दर्श कों के बीच से किसी शक्तिशाली व्यक्ति को आमंत्रित करता हूँ। मेरी पुकार पर एक अरबी आता है। उसका कद साधारण है, पर हट्टे-कट्टे शरीर के कारण उसे अरबी हरकुलस का नाम दिया जा सकता है। वह प्रसन्न मन से आत्मविश्वास के साथ निकलता है और थोड़ी हँसी उड़ाने के मूड में मुस्कुराता हुआ मेरे पास आ कर खड़ा हो जाता है।

- क्या म्राप बहुत शक्तिशाली हैं? उसे सर से पैर तक देखते हुए मैंने पूछा।
- हाँ, उसने लापरवाही के साथ कहा।
  - श्रापको विश्वास है कि श्राप हमेशा शक्तिशाली बने रहेंगे?
  - बिल्कूल।
- आप गलतफहमी पर हैं: मैं पलक मारते आपकी सारी शक्ति हर लूंगा और आप छोटे बच्चे की तरह निर्बल हो जायेंगे।

ग्ररबी उपेक्षा के साथ मुस्कुराया, जिसका मतलब था कि मेरे शब्दों पर उसे विश्वास नहीं था।

- यहाँ ग्राइये, मैं उससे कहता हूँ, ग्रौर डब्बा उठाइये। ग्ररबी ने झुक कर डब्बा उठा लिया ग्रौर घमंड के साथ पूछा:
- बस, इतना ही?
- जरा सा ग्रौर रूकिये, मैंने उत्तर दिया।

इसके बाद मैंने गंभीर मुद्रा बनायी, जादू के ईशारे किये ग्रौर घोषणा की: - ग्रब ग्राप ग्रौरतों से भी कमजोर हैं। फिर से डब्बा उठाने की कोशश कीजिये।

पहलवान मेरे जादू से जरा भी नहीं डरा। उसने फिर से झुक कर उब्बे को उठाने की कोशिश की, पर इस बार डब्बा प्रतिरोध कर रहा था। श्ररबी ने लाख कोशिश की, पर वह टस से मस नहीं हुआ। श्ररबी इसनी ताकत लगा रहा था कि वह बहुत बड़ा बोझ उठा लेता, पर डब्बे पर काई ग्रसर नहीं हो रहा था। श्रंत में शर्म श्रौर थकावट के मारे उसने उठाना छोड़ दिया श्रौर हाँफता हुआ वापस जाने लगा। श्रब उसे जादू पर विश्वास ही गया था।"

"सभ्य समाज" के प्रतिनिधि द्वारा दिखाये गये जादू का रहस्य बहुत गरल था। डब्बे का पेंदा लोहे का था और वह शक्तिशाली विद्युत-चुंबक के एक ध्रुव पर रखा हुआ था। विद्युत धारा की अनुपस्थिति में डब्बे को उठाना कठिन नहीं था, पर विद्युत-चुंबक की कुंडली में धारा चालू करने क बाद उसे उठाने के लिये दो-तीन आदिमियों की ताकत भी कम पड़ती।

### फोती में चुंबक

चुवक से एक ग्रौर लाभ है, जो कहीं ग्रधिक दिलचस्प है: वह कृषिगाग्य पौधों के बीजों को ग्रपतृणों व ग्रकृष्य पौधों के बीजों से ग्रलग करने
ग महायक होता है। तिपतिया चारा, फ्लोक्स (पटसन की एक जाति),
नगुनधास (लुसनं) ग्रादि जैसे लाभप्रद पौधों के बीज चिकने होते हैं।
यक्षण्य पौधों के बीज रूखड़े व रोमयुक्त होते हैं; उनका यह गुण करोड़ों
वर्ष से चले ग्रा रहे जीवन-संघर्ष का परिणाम है। इस गुण के कारण वे
पास गुजरते जीव-जंतुग्रों के बालों में फँस कर ग्रपने मातृ-पौधे से बहुत दूर
पहुँच जाते हैं ग्रौर नयी जगहों पर पनपने लगते हैं। चुंबक द्वारा ग्रच्छे
पोधों के बीजों से उन्हें ग्रलग करने के लिये उनके इन्ही गुण का उपयोग
किया जाता है। यदि बीजों पर लोहे के बुरादे छिड़क कर ग्रच्छी तरह
मिला दिये जायें, तो बुरादे ग्रवांछित बीज के रोमों में फंस जायेंगे;
भाभप्रद पौधों के चिकने बीजों के साथ वे किसी भी तरह नही चिपक सकते।
इन बीजों को पर्याप्त शक्तिशाली चुंबक के कार्य-क्षेत्र में रखने पर उनमें

वांछित व ग्रवांछित बीज स्वतः ग्रलग हो जायेंगे: चुंबक उन सारे बीजों को खींच लेगा, जिनमें लोहे के बुरादे फर्सें होते हैं।

#### चुंबकीय विमान

इस किताब के शुरू में मैंने फांसीसी लेखक सिरानो दे बेर्जेराक की विख्यात कृति "चंद्रमा पर राज्य का इतिहास" की याद दिलायी थी। इस पुस्तक में चुंबक के आकर्षण बल से उड़ने वाले एक रोचक विमान का वर्णन किया गया है, जिसमें बैठ कर उपन्यास का एक पाव चांद पर पहुँच जाता है। पुस्तक से यह अवतरण उद्धत करता हूँ:

"मैंने एक लोहे की हल्की सी गाड़ी बनवा ली; उसमें आराम से बैठ चुकने के बाद मैं चुंबकीय गोला अपने से ऊपर उछालने लगा। जब मैं गोला ऊपर फेंकता था, गाड़ी खिंच कर उसके पास पहुँच जाती थी और मैं गोले को और आगे बढ़ा देता था। गोले को हाथ में उठाने पर भी गाड़ी उसकी और गतिमान हो जाती थी। गोले को फेंकने-फेंकते आखिर मैं उस स्थान पर पहुँचा, जहाँ से मैं गाड़ी समेत चांद पर गिरने लगा। इस क्षण मैंने गोले को कस कर पकड़ लिया, ताकि गाड़ी मुझसे दूर न भाग जाये। गिर कर कहीं चूरचूर न हो जाऊँ, इसके लिये मैं गोले को इस प्रकार फेंकता था, कि गाड़ी के गिरने की गित गोले के आकर्षण से कम हो जाया करे। जब मैं चंद की जमीन से पाँच-छे सौ गज ऊपर आ गया, मैंने गोले को गिरने की दिशा के अभिलंब फेंकना शुरू कर दिया।"

इस तरह का विमान निरर्थक है, इसमें न तो उपन्यास के लेखक को कोई शक है, न उसके पाठकों को। पर मैं नहीं सोचता कि सभी ऐसी योजना की श्रसंभाव्यता का सही कारण बताने में समर्थ होंगे। क्या लोहे की गाड़ी में बैठ कर चुंबक उछालना संभव नहीं है? या गाड़ी चुंबक के पीछे खिंचती हई नहीं जायेगी? या कोई श्रन्य कारण है?

चुंबक को उछालना संभव है स्रौर यदि वह पर्याप्त शक्तिशाली है, तो वह गाड़ी को खींच भी लेगा। पर फिर भी विमान स्रपने स्थान से ऊपर नहीं उठेगा। ग्रापने कभी नाव में से कोई चीज तट पर फेंकी हैं? ग्रापने बेशक ध्यान दिया होगा कि इससे नाव तट से थोड़ी दूर खिसक ग्राती है। फेंकी जाने वाली वस्तु को एक दिशा में धक्का देते हुए ग्रापकी पेशियां ग्रापके गरीर को (ग्रीर साथ ही नौका को) विपरीत दिशा में धक्केलती हैं। यहां त्रियाशील व प्रतित्रियाशील बलों की तुल्यता का वही नियम प्रकट होता है, जिसका नाम पहले भी कई बार ग्रा चुका है। चुंबक उछालते वक्त भी यही होता है; जब गाड़ी में बैठा व्यक्ति गोले को ऊपर उछालता है (काफी बड़ी शक्ति से, क्योंकि गोला लोहे की गाड़ी की ग्रोर खिंचता है), तो वह ग्रान्वार्य रूप से गाड़ी को नीचे धकेलता है। ग्रीर जब गाड़ी ग्रीर गोला पारस्परिक ग्राकर्षण के कारण पुनः मिलते हैं, तो वे उसी ग्रारं भिक स्थान पर पहुँचते हैं जहाँ से उन्हें ग्रलग किया गया था। इससे स्पष्ट है कि गाड़ी यदि बिल्कुल हल्की भी होती, तो चुंबक फेंकने से उसमें एक मध्यवर्ती स्थान के गिर्द कंपन की गित ही ग्रा सकती थी; इस विधि से उसे ग्रग्र गित से चलने पर विवश नहीं किया जा सकता।

सिरानो के जमाने में (XVII -वीं शती के मध्य में) किया व प्रतिकिया का नियम ज्ञात नहीं हुआ था, इसीलिये यह शंका का विषय है कि फांसीसी लेखक अपनी मजाकियल गाड़ी की निरर्थकता का सही कारण जानते भी थे या नहीं।

# "मुहम्मद के ताबूत" की तरह

विद्युत-चुंबकीय केन के साथ काम करते वक्त एक बार एक मनोरंजक बात देखने को मिली। जंजीर के सहारे फर्श से बंधा हुआ लोहे का गोला विद्युत-चुंबक द्वारा ऊपर खिंच आया। जंजीर कुछ छोटी थी, इसीलिये गोला चुंबक को स्पर्श नहीं कर पा रहा था; चुंबक से उसकी दूरी एक बित्ते के करीब थी। दृश्य असाधारण था: जंजीर उदग्र खड़ी थी। चुंबक की शक्ति इतनी अधिक थी कि जंजीर पकड कर उस पर एक मजदूर चढ़ गया; जंजीर की स्थित ज्यों की त्यों बनी रही। संयोगवश पास ही एक

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यह विद्युत-चुंबकों की विराट शक्ति को दर्शाता है, क्योंकि खींचे जाने वाले पिंड से ध्रुव की दूरी बढ़ाने से चुंबक का बल बहुत तेजी से घटने



चित्र 96. ऊपर "लटकते" बोझ के साथ लोहे की सिकडी।

फोटोग्राफर खड़ा था, जिसने इस रोचक क्षण को चित्र में कैंद कर लेने की देरी नहीं की। मुहम्मद के ताबूत की तरह हवा में लटकते स्रादमी का यह दृश्य चित्र 96 में दिखाया गया है।

मुहम्मद का ताबूत क्या है। धार्मिक मुसलमान यह विश्वास रखते हैं कि उनके नबी का ताबूत मकबरे के बीचोंबीच हवा में लटका हुग्रा है।

कहां तक यह संभव है?

"मुहम्मद का ताबूत,—अपने 'विभिन्न भौतिकीय वस्तुओं के बारे में पत्नों' में ऐलर ने लिखा है,—कहते हैं कि एक चुंबक के कारण हवा में स्थिर है; यह असंभव सा प्रतीत नहीं होता, क्योंकि कृतिम तौर बनाये गये ऐसे चुंबक भी हैं, जो 100 पौंड तक उठा ले सकते हैं।" 2

ऐसी व्याख्या सही नहीं है; यदि उक्त विधि से (ग्रर्थात् चुंबक के ग्राकर्षण का उपयोग कर के) ऐसा संतुलन क्षण भर को प्राप्त कर भी लिया जाये, तो वह स्थायी नहीं होगा।

हल्की सी भी ठोकर या हवा की मामूली सी गति इस संतुलन को तोड़ने

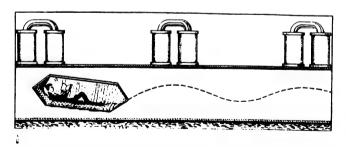
लगता है। नाल-चुंबक, जो प्रत्यक्ष संसर्ग से कुछेक सौग्राम का बोझ उठा सकता है, बोझ ग्रौर उसके बीच कागज का एक पृष्ठ रख देने से बोझ उठाने की ग्राधी शक्ति खो देता है। इसीलिये चुंबकों के सिरे पर रंग की परत नहीं चढ़ाई जाती, यद्यपि यह जंक से बचाने का भ्रच्छा साधन है।

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> यह 1774 में लिखा गया है, जिस समय विद्युत-चुंबक ज्ञात नहीं थे।

के लिये काफी रहेगी, — श्रीर तब ताबूत या तो जमीन पर गिर जायेगा, या छत की श्रोर खिंच श्रायेगा। उसे स्थिर श्रवस्था में रोक रखना उतना ही कठिन है, जितना शंकु को शीर्ष के सहारे टिका कर रखना, यद्यपि सिद्धांततः यह संभव है।

लेकिन, "मुहम्मद के ताबूत" जैसी संवृत्ति चुंबकों की सहायता से उत्पन्न की जा सकती है। सिर्फ इसके लिये उनके पारस्परिक प्राक्ष्यंण की नहीं, पारस्परिक विक्षंण की सहायता लेनी पड़ेगी। (जिन्हों ने ग्रभी-ग्रभी भौतिकी का ग्रध्ययन किया है, वे भी ग्रक्सर भूल जाते हैं कि चुंबक सिर्फ ग्राक्षित ही नहीं, विकर्षित भी होते हैं। ) सभी जानते हैं कि चुंबकों के समान ध्रुव एक दूसरे को विकर्षित करने हैं। दो चुंबकीय पट्टों को यदि एक दूसरे पर इस प्रकार रखा जाये कि उनके ग्रसमान ध्रुव पास हों, तो वे एक दूसरे को विकर्षित करेंगे। उत्पर वाले पट्टे को भार के ग्रनुसार इस प्रकार चुना जा सकता है कि वह नीचे वाले पट्टे के ठीक उत्पर स्थायी संतुलन के साथ हवा में लटका रहे। सिर्फ इस बात का खयाल रखना होगा कि उत्पर वाला चुंबक घूमने न लगे ग्रौर क्षैतिज तल पर बना रहे। इसके लिये काँच जैसे किसी ग्रचुंबकीय पदार्थ के खंभे लगाये जा सकते हैं, जो उत्पर वाले चुंबक को इधर-उधर नहीं होने देंगे। ऐसी परिस्थितियों में मुहम्मद का ताबूत सचमूच हवा में टिका रह सकता है।

इस तरह की संवृत्ति चुंबक की **म्राकर्षण** शक्ति से भी उत्पन्न की जा सकती है, यदि पिंड गतिमान हो। इसी विचार के म्राधार पर सोवियत भौतिकविद प्रो. बे. पे. वेइनबेर्ग ने घर्षणहीन विद्युत-चुंबकीय रेलपथ की



वित 97. **घर्षणहीन गति वाली गाड़ी। पथ की योजना प्रो**. ब. पे. वेइन<mark>बेर्ग, द्वारा बनायी गयी थी।</mark>

एक उत्कृष्ट योजना पेश की थी (चित्र 97)। योजना इतनी शिक्षाप्रद है कि भौतिकी के साथ दिलचस्पी रखने वाले हर व्यक्ति को इसे जानना चाहिये।

# विद्युत-चुंबकीय गाड़ी

प्रो. बे. पे. वेइनबेर्ग द्वारा प्रस्तावित रेलपथ के डिब्बे बिल्कुल भारहीन होंगे; उनका भार विद्युत-चुंबक के आकर्षण द्वारा नष्ट किया जाता है। इसीलिये आपको आश्चर्य नहीं होगा, यदि आपको पता चलेगा कि योजनानुसार ये डिब्बे न तो चक्कों से रेल पथ पर लुढ़कते हैं, न पानी में तैरते हैं और न हवा में फिसलते हैं। वे बिना किसी टेक या आधार के और बिना किसी चीज को स्पर्श किये चुंबकीय बलों के शक्तिशाली अदृश्य धागों से लटकते हुए चलते हैं। उनके साथ किसी चीज का घर्षण नहीं होता और इसीलिये एक बार गतिमान हो जाने पर जड़त्व के कारण अपना वेग स्थिर बनाये रखते हैं; उन्हे किसी इंजन की आवश्यकता नहीं पड़ती।

योजना का कार्यान्वयन निम्न प्रकार से होगा। डिब्बे तांबे की नली में चलेंगे। घर्षण डिब्बे की गित में बाधक न हो, इसके लिये नली को निर्वात कर दिया जायेगा। नली की निचली दीवार के साथ घर्षण न हो, इस के लिये डिब्बे नली की दीवारों को स्पर्श किये बगैर शून्य में लटकते हुए चलेंगे। इसके लिये नली के ऊपर पूरे रास्ते पर विशेष दूरियों पर शक्तिशाली विद्युतचुंबक रखे रहेंगे। वे लोहे के गितमान डिब्बों को अपनी अरेर आकर्षित करेंगे और डिब्बों को गिरने से रोकेंगे। चुंबकों की शक्ति इतनी होगी कि डिब्बा हमेशा नली के "फर्श" और "छत" के बीच में रहेगा; दोनों में से किसी को भी स्पर्श नहीं करेगा। विद्युतचुंबक अपने नीचे भागते हुए डिब्बे को ऊपर खींचता है, पर डिब्बा छत को छू नहीं पाता; गुरूत्व शिता इसमें बाधक होती है। लेकिन जैसे ही वह फर्श पर गिरने वाला होता है, अगला चुंबक उसे ऊपर खींचने लगता है। इस प्रकार डिब्बा पृथ्वी और विद्युतचुंबकों के आकर्षण बल के बीच लटकता हुआ लहरदार रेखा पर चलता रहता है; कोई घर्षण नहीं होता, कोई झटका नहीं

लगताः डिब्बा ग्रंतरिक्ष में प्रहों की भाँति ग्राराम से ग्रपना रास्ता तय करता रहता है।

डिब्बे कैंसे होते हैं? ये बेलनाकार सिगार की तरह होते हैं, इनकी ऊँचाई 90 cm और लंबाई  $2^1/_2 \text{ m}$  होती है। निस्संदेह ये वायुरूद्ध भी होते हैं, क्योंकि नली में हवा नहीं होती। उसमें पनडुब्बियों की तरह हवा साफ करने के स्वचालित उपकरण भी लगे होते हैं।

डिब्बों को चलाने की विधि भी स्रबतक प्रयुक्त विधियों से भिन्न है: इसकी तुलना सिर्फ तोप से गोला दागने की किया के साथ की जा सकती है। डिब्बे तोप के गोले की तरह ही छोड़े जाते हैं। पर यहां "तोप" भी विद्युत-चुंबकीय ही है। डिब्बे को विदा करने वाले उपकरण की बनावट कुंडली के रूप में लपेटे गये तार (निलज 1) के एक गुण पर स्राधारित है: जब तार में बिजली की धारा प्रवाहित की जाती है, कुंडली में घुसायी गयी छड़ खिंचाव से स्रागे बढ़ने लगती है। खिंचाव इतना शक्तिशाली होता है कि यदि कुंडली की लंबाई पर्याप्त बड़ी होगी, तो छड़ बहुत तीव्र वेग प्राप्त कर लेगी। 2 नये चुंबकीय पथ में यही बल डिब्बों को "फेंकेगा"। चूँक सुरंग में घर्षण नहीं है, इसलिये डिब्बे का वेग कम नहीं होगा; वह जड़त्व के कारण तबतक चलता रहेगा, जबतक कि दूसरे स्टेशन पर स्थित निलज उसे विपरीत शक्ति से रोक न ले।

¹ किसी नली पर एक तार बहुत बड़ी संख्या में लपेट कर नली को निकाल लेने से तार एक लंबे बेलनाकार पेंच की चूड़ियों का स्नाकार ग्रहण कर लेता है। यदि चूड़ियां बहुत पास-पास होंगे, तो तार नली जैसा दिखने लगेगा। इन्हीं कारणों से ऐसी सिपंलाकार कुंडली को निलज या सोलेनायड कहते हैं (यूनानी 'सोलेन' का स्रर्थ है 'नली' स्रौर 'स्नायड' का — 'जैसा')।—स्रनु.

² विद्युत-धारा के कारण निलज के भीतर उत्पन्न समरूप चुंबकीय क्षेत्र के बल छड़ को एक विशेष त्वरण के साथ गितमान करते हैं ग्रौर इसीलिये निलज से निकलते क्षण छड़ का वेग निलज की लंबाई पर निर्भर करता है। – ग्रनु.

योजना के बारे में चंद सूचनाये इसके ग्राविष्कारक के शब्दों में दी जा रही हैं:

"यह प्रयोग में 1911-1913 में तोम्स्क तकनीकी संस्थान की भौतिकीय प्रयोगाशाला में 32 cm व्यास वाली ताम्न-नली के साथ कर रहा था। इसके ऊपर विद्युत-चुंबक रखे हुए थे। डिब्बे की जगह 10 kg भारी लोहे की नली का एक टुकड़ा काम में लाया जा रहा था। इसमें ग्रागे ग्रौर पीछे चक्के लगे हुए थे; इसकी "नाक" भी थी, जिससे वह बालू की बोरी के सहारे रखे तख्ते पर चोट करता था (रूकने के लिये!)। इस डिब्बे को 6 km/h का वेग संप्रेषित किया जा सकता था। कमरे के छोटे ग्राकार ग्रौर नली की छल्ले जैसी ग्राकृति के कारण उसे इससे ग्रधिक वेग देना मुश्किल था। मेरी योजना के ग्रनुसार सोलेनायड की लंबाई करीब तीन मील होनी थी, जिससे डिब्बे का वेग सरलतापूर्वक 800-1000 km/h तक पहुँचाया जा सकता था। इस वेग को बनाये रखने के लिये ग्रतिरिक्त ऊर्जा की कोई ग्रावश्यकता नहीं पड़ेगी, क्योंकि नली के भीतर फर्श या छत के साथ डिब्बे का कोई घर्षण नहीं होगा।

इसमें कोई संदेह नहीं कि पथ के निर्माण में, विशेष कर नली के निर्माण में, काफी बड़ी धन-राशि खर्च करनी होगी, पर वेग को स्थिर बनाये रखने में श्रीर ड्राइवर, गार्ड, ग्रादि रखने में कोई खर्च न लगने के कारण प्रति किलोमीटर यात्रा का मूल्य एक कोपेक के कुछेक सहस्त्रांश से लेकर 1-2 शतांश भर ही होगा श्रीर यदि ग्राती-जाती (डबल) लाइन बनायी जाये, तो दिन भर में कोई 15000 यात्री एक दिशा में सफर कर सकेंगे, या एक दिशा में 10000 टन माल भेजा जा सकेगा। "

# पृथ्वीवासियों के साथ मंगलवासियों का युद्ध

प्राचीन रोम के प्रकृतिदर्शी प्लीन भ्रपने समय की एक प्रचलित कहानी के बारे में लिखते हैं, जिसके भ्रनुसार भारत के सागर-तट पर कहीं एक विशाल चुंबकीय चट्टान था। वह लोहे की वस्तुभ्रों को इतनी शक्ति से खींचता था कि पास से गुजरने वाले जहाज से कौटी तक उखड़ कर उससे चिपक जाती थी, और जहाज की जगह सिर्फ तख्तों का ढेर बच जाता था। नौयावियों के लिये यह काफी खतरनाक जगह थी।

बाद में उक्त चट्टान का वर्णन "एक हजार एक रातें" नामक कथा-संग्रह में देखा गया

कहने की ग्रावश्यकता नहीं कि यह सिर्फ एक किंवदंती है। हम जानते हैं कि चुंबकीय पर्वत, ग्रर्थात् चुंबकीय लौह-ग्रयस्कों से समृद्ध पर्वत सचमृच में होते हैं। माग्नितागोर्स्क के विख्यात चुंबकीय पर्वत को ही लीजिये, जहाँ ग्राज लौह-ग्रयस्क के शोधन के लिये वात-भट्टियां लगी हुई हैं। पर ऐसे पर्वतों की ग्राकर्षण-शक्ति इतनी क्षीण होती है कि उसे नगण्य माना जा सकता है। ऐसे चट्टान ग्रौर पर्वत, जिनका वर्णन प्लीन ने किया है, पृथ्वी पर कभी नहीं थे।

ऐसे जहाज, जिनमें लोहे या इस्पात का कुछ नहीं होता, भ्राजकल चुंबकीय पर्वतों के डर से नहीं, पार्थिव चुंबकीय के भ्रध्ययन के लिये बनाये जाते हैं।  $^1$ 

विज्ञान-गल्प के लेखक कुर्ट लासिवट्स ने प्लीन की किंवदंती के विचारों का उपयोग अपने "दो ग्रहों पर" नामक उपन्यास में एक भयानक अस्त्र की कल्पना के लिये किया। इस अस्त्र का प्रयोग पृथ्वी की सेना के विरुद्ध मंगलग्रह से आये हुए लोग करते हैं। मंगलवासी इस चुंबकीय (या और सही कहें, तो विद्युत-चुंबकीय) अस्त्र का प्रयोग कर के पृथ्वी की सेना को युद्ध के आरंभ में ही नि:शस्त्र कर देते हैं।

उपन्यासकार इस युद्ध का वर्णन इस प्रकार से करते हैं:

"घुड़सवारों की शानदार कतार आगे बढ़ती जा रही थी। लग रहा था कि प्राण न्योछावर करने को तत्पर सैनिकों ने आखिर शक्तिशाली शत्नु (मंगलवासी – या.पे.) को पीछे हटने पर विवश कर दिया है; उनके हवाई विमानों में एक दूसरी ही गित होने लगी। वे एक के बाद एक ऊपर उठने लगे, मानो रास्ता छोड़ रहे हों।

<sup>1 1957-1958</sup> में ग्रंतर्राष्ट्रीय ज्याभौतिकी वर्ष के ग्रध्ययन-कार्य में सोवियत संघ की ग्रोर से एक जहाज "जर्या" ने भाग लिया था, जिस पर चुंबकीय बल ग्रपना प्रभाव नहीं डाल सकते थे। इसमें मशीनों से ले कर काँटी ग्रौर पेंच तक हर वस्तु तांबे, ग्रलुमीनियम या किसी ग्रन्य ग्रचुंबकीय पदार्थ से बनी थी। — संपादक

पर इसके साथ ही ऊपर से कोई काली वस्तु मैदान पर लटकती हुई उतरने लगी। वह फहरते चादर की तरह हवा में मैदान पर छायी हुई थी ग्रौर विमानों से घिरी हुई थी। घुड़सवारों की ग्रगली कतार उस वस्तु के प्रभाव क्षेत्र में ग्रा गयी ग्रौर उसी क्षण वह विचित्र मशीन सेना की पूरी टूकड़ी पर छा गयी। उसका प्रभाव भयावह था ग्रौर ऐसा, जिसकी बिल्कुल ग्राशा नहीं की गयी थी। रणभूमि से भय की तेज चीखें ग्राने लगीं। घोड़े ग्रौर घुड़सवार जमीन पर लोटने लगे ग्रौर ग्रसंख्य भाले, तलवार, तीर, फरसे ग्रादि ग्रस्त्र-शस्त्र हवा में उड़ चले – सब उस विचित्र मशीन की ग्रोर ग्राकर्षित हो कर उससे चिपकते जा रहे थे।

मशीन हेवा में तैरती हुई रणभूमि से कुछ दूर हटी श्रौर हथियारों की पहली फसल जमीन पर फेंक कर वापस श्रा गयी। दो बार श्रौर उसने हथियारों की "कटनी" की। रणक्षेत्र में एक भी व्यक्ति नहीं बचा, जो हाथ में भाला या कोई श्रन्य श्रस्त्र ले कर खड़ा हो।

यह मशीन मंगलवासियों का नया भ्राविष्कार थी: वह लोहे श्रीर इस्पात की बनी वस्तुश्रों को प्रचंड शक्ति से श्रपनी श्रीर खींचने लगती थी। हवा में फहरते इस चुंबक द्वारा मंगलवासी श्रपने शतुश्रों को बिना कोई चोट पहुँचाये निःशस्त्र कर देते थे।

इसके बाद हवाई चुंबक पैदल सैनिकों की स्रोर बढ़ा। सिपाही हिथियार पकड़े रहने का निष्फल प्रयत्न कर रहे थे, पर स्रदृश्य शक्ति उनके हाथों से छीनती जा रही थी। बहुत से सैनिक, जो भ्रपना हिथियार छोड़ना नहीं चाहते थे, भाले-तलवार समेत चुंबक की स्रोर स्वयं खिंचने लगे। चंद ही मिनटों में सारी बटालियन निहत्थी हो गयी। इसके बाद मशीन शहर में मार्च करती बटालियनों के पीछे भागी स्रौर उन्हें भी नि:शस्त्र कर दी।

तोपचियों की भी यही हालत हुई।"

## घड़ी भ्रौर चुंबकत्व

ऊपर दिये गये उद्धरण को पढ़ने के बाद मन में यह प्रश्न उठना स्वाभाविक है: क्या चुंबकीय बलों के प्रभाव से बचने का कोई उपाय नहीं है, क्या किसी ऐसी चीज की दीवार नहीं बनायी जा सकती, जिसे चुंबकीय वल बेध न सकें?

यह पूरी तरह से मंभव है। मंगलवासियों के ग्रनोखे ग्राविष्कार को प्रभावहीन किया जा सकता था, यदि इसके लिये पहले से ग्रावश्यक कदम उठाये गये होते।



नित ार्क कौनसी चीज घड़ी के पुर्जों को चुंबिकत होने से बचाती है?

चुंबक के लिये अवेध्य द्रव्य लोहा ही है। यह बात विचित्र सी लग सकती है, क्योंकि लोहा चुंबक के प्रभाव से सरलतापूर्वक चुंबकीकृत हो जाता है! पर लोहे के छल्ले के भीतर स्थित कंपास की सूई छल्ले के बाहर रखें गये चुंबक द्वारा प्रभावित नहीं होती है।

जेबी घड़ी में जो लोहे के पुर्जे होते हैं, उन्हें चुंबक के प्रभाव से बचाने के लिये घड़ी को लोहे की ड़िब्बी में रखनी चाहिये। यदि ग्राप नाल-चुंबक के शक्तिशाली ध्रुवों पर सोने की घड़ी रखेंगे, तो भीतर स्थित यंत्र के सभी फौलादी भाग, विशेषकर संतुलक में लगी केशिका-कमानी, चुंबकीकृत हो जायेंगे श्रौर घड़ी खराब हो जायेगी, ठीक समय नहीं बताने लगेगी। चुंबक हटा लेने पर घड़ी श्रपनी पुरानी श्रवस्था में नहीं लौटेगी; उसके फौलादी भाग चुंबकीकृत ही रहेंगे श्रौर घड़ी की श्रच्छी खासी मरम्मत करानी पड़ेगी, बहुत सारे पुर्जों को बदलवाना पड़ जायेगा। इसीलिये सोने की घड़ी के साथ ऐसे प्रयोग न करना ही बेहतर होगा, क्योंकि यह कुछ ज्यादा ही महंगा पड़ेगा।

इसके विपरीत, जिस घड़ी के कल-पुर्जे लोहे की डिब्बी (कौरपुस) में बंद हैं, उनके साथ ग्राप बिना किसी डर के यह प्रयोग कर सकते हैं,— चुंबकीयं बल लोहे को बेध कर उसके पार नहीं जा सकता। ऐसी घड़ी को ग्राप शक्तिशाली से शक्तिशाली डायनेमो की कुंडली के पास ले जा

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यदि यह कमानी इन्वर (invar) नामक मिश्र-धातु से बनी है, तो उस पर चुंबक का ग्रसर नहीं पड़ेगा। इन्वर चुंबकीकृत नहीं होता, यद्यपि उसमें लोहा श्रौर निकेल भी मिला होता है।

सकते हैं, घड़ी की चाल में कोई फर्क नहीं पड़ेगा। बिजली तकनीशियनों के लिये लोहे की सस्ती घड़ियां ग्रादर्श होती हैं। सोने ग्रौर चांदी की घड़ियां चुंबकीय प्रभाव से उनके हाथों में ग्रक्सर खराब होती रहेंगी।

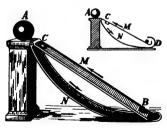
# चुंबकीय "शाश्वत" चलित्र

"शाश्वत" चिलव्र बनाने के प्रयत्नों में चुंबक की भी कम भूमिका नहीं रही है। ग्राविष्कारकों ने चुंबक का तरह-तरह से उपयोग किया, पर ग्रनंत काल तक खुद ब खुद चलते रहने वाली कोई प्रयुक्ति नहीं बन पायी। ऐसी एक प्रयुक्ति यहां दी जा रही है (इसका वर्णन XVII-वीं शती में चेस्टर के एपिस्कोप ग्रंग्रेज जोन विल्केंसन ने किया था)।

एक खंभे पर शक्तिशाली चुंबक A रखा जाता है (चित्र 99)। उससे दो पटिरयां M और N उउंगा कर रखी गयी हैं। ऊपर वाली पटरी M सीधी है और उसके ऊपरी भाग में एक छेद C है। निचली पटरी N का आकार उल्टे मेहराब सा है। आविष्कारक का विचार था कि ऊपरी पटरी में लोहे की एक छोटी सी गोली रखी जाये, तो वह चुंबक से खिंच कर ऊपर लुढ़क आयेगी; पर छेद तक पहुँचने पर वह नीचे वाली पटरी N पर गिर जायेगी और वेग के कारण नीचे मुड़ी किनारी D पर फिसलती हुई पुनः ऊपर वाली पटरी M पर आ जायेगी; यहाँ से वह चुंबक द्वारा आकि कित हो कर फिर से ऊपर चढ़ने लगेगी। गोली इसी प्रकार ऊपर-नीचे अविराम लुढ़कती रहेगी और हमें "शाश्वत गित" मिल जायेगी।

इस ग्राविष्कार में गड़बड़ी क्या है?

यह बताना कठिन नहीं है। म्राविष्कारक ने यह क्यों सोच लिया कि



चित्र 99. मिथ्या शाश्वत चलित्र।

पटरी N पर लुढ़कती हुई गोली मुड़ी किनारी D के सहारे उठ कर पटरी M पर ग्रा जायेगी? क्या N पर लुढ़कते वक्त गोली इतना बड़ा वेग प्राप्त कर लेगी? यह तभी संभव होता, यदि गोली सिर्फ गुरूत्व-बल के प्रभाव से लुढ़कती होती: इस स्थिति में उसकी गित

त्विरित होती। लेकिन गोली पर दो बल लग रहे हैं: गुरूत्व का ग्रौर चुंबकीय ग्राकर्षण का। चुंबकीय ग्राकर्षण का बल मान्यतानुसार इतना सामर्थ्य रखता है कि वह गोली को स्थिति B से खींच कर स्थिति C में ला दे। इसीलिये पटरी N पर गोली त्विरित नहीं, मंदित गित से लुघड़ेगी, ग्रौर यदि वह निचले छोर तक पहुँच भी जायेगी, तो वह इतना वेग नहीं एकव्र कर पायेगी कि मुड़ी किनारी D पर होते हुए ऊपर उठ सके।

ऊपर वर्णित योजना कई बार ग्रपना रूप बदल-बदल कर सामने ग्राती रही है। इनमें से एक को जर्मनी में 1878 ई. में पेटेंट भी दिया गया था। यह काफी विचित्र बात है, क्योंकि तबतक ऊर्जा संरक्षण नियम की घोषणा हुए तीस साल बीत चुके थे। ग्राविष्कारक ने ग्रपने "शाश्वत चुंबकीय चिलत्र" में प्रयुक्त मुख्य गलत धारणा को इस चालाकी से छिपा लिया कि पेटेंट देने वाला तकनीकी ग्रायोग धोखा खा गया। कानून के ग्रनुसार प्रकृति के नियमों का विरोध करने वाले विचारों को पेटेंट नहीं मिल सकता था, पर श्रीपचारिकतः इस ग्राविष्कार को पेटेंट मिल गया। इस तरह के एकमात्र पेटेंट का मालिक ग्रपनी कृति से शायद जल्द ही निराश हो गया, क्योंकि दो साल बाद उसने एकस्व-कर देना बंद कर दिया। मजेदार एकस्व सर्वसुलभ हो गया, पर किसी को उसकी ग्रावश्यकता ही नहीं थी।

# संप्रहालयों की समस्या

संग्रहालयों में कभी-कभी प्राचीन वर्तिलेखों (रूल की तरह लपेटे हुए कागजातों) को पढ़ना पड़ता है, जो कागज के पुराने पड़ जाने के कारण इतने जीर्ण हो जाते हैं कि छूने से भी फटने लगते हैं।

ऐसे कागजों को कैसे सीधा किया जा सकता है?

सोवियत संघ की विज्ञान अकादमी में दस्तावेजों के जीर्णोद्धार के लिये एक विशेष प्रयोगशाला है, जहाँ ऐसी समस्यायें आती रहती हैं। इसके लिये प्रयोगशाला में विद्युत का उपयोग किया जाता है। वर्तिलेख का विद्युतन कर देने से कागज की सभी परतों पर समान आवेश आ जाता है और वे एक दूसरी से विकर्षित हो कर अलग हो जाती हैं। फिर उन्हें निपुण हाथों से सीधा करना और अच्छे कागज पर चिपका लेना भर रह जाता है, जो अपेक्षाकृत कठिन काम नहीं है।

#### एक ग्रीर काल्पनिक शाश्वत चलित्र

पिछले समय से शाश्वत चिलत्न के ग्रन्वेषकों में डायनेमो ग्रीर विद्युत-चिलत्न को जोड़ने का विचार काफी लोकप्रिय हो रहा है। मेरे पास साल में करीब ग्राधी दर्जन ऐसी योजनायें ग्रा जाया करती हैं। इन सब में मुख्य बात एक ही होती है: विद्युतचिलत्न ग्रीर डायनेमो के चक्कों को गित संचारक फीते से जोड़ देना चाहिये। यदि शुरू में डायनेमो को एक बार चला दिया जाये, तो उत्पन्न विद्युतघारा से विद्युतचिलत्न चल पड़ेगा ग्रीर साथ-साथ फीते द्वारा डायनेमो को भी चलाया करेगा। इस तरह दोनों ही मशीनें,— ग्राविष्कारक सोचते हैं,—एक दूसरे को चलाने लगेंगी ग्रीर वे तबतक चलती रहेंगी, जबतक उनके पूर्जे घिस-पिट कर खराब नहीं हो जायेंगे।

म्राविष्कारकों को यह विचार लुभावना लगता है; पर जिन्होंने इसे व्यवहार में उतारने की कोशिश की, उन्हें साश्चर्य बात माननी पड़ी कि उपरोक्त परिस्थितियों में दोनों में से एक भी मशीन काम नहीं करती। इस योजना से ग्रौर कोई श्राशा भी नहीं थी। यदि दोनों संयोजित मशीनों का दक्षता-गुणांक सौ प्रतिशत भी होता, तो उनकी गित को ग्रविराम बनाने के लिये घर्षण को पूर्णातया नष्ट करना पड़ता। उपरोक्त दो मशीनों को जोड़ने पर वस्तुतः वे एक नयी मशीन (इंजिनियरों की भाषा में— "एग्रीगेट") बन जाती हैं, जिससे स्वयं ग्रपने ग्राप को चलाते रहने की मांग की जाती है। यदि एग्रीगेट में घर्षण पूर्णतया ग्रनुपस्थित रहता, तो वह ग्रनंत काल तक चलता रहता। लेकिन इससे हम कोई लाभ नहीं उठा पाते: जैसे ही "चिलव्र" से कोई वाह्य कार्य संपन्न कराने का प्रयत्न किया जाता, वह उसी क्षण रूक जाता। हमारे सामने "शाश्वत गित" का नमूना होता, शाश्वत चिलव्र का नहीं। घर्षण की उपस्थिति में एग्रीगेट चलेगा ही नहीं।

ग्राश्चर्य है कि इस विचार से ग्राकर्षित लोगों के दिमाग में इसके कार्यान्वयन की ग्रौर सरल विधि क्यों नहीं ग्राती: किन्ही भी दो चक्कों को बेल्ट या फीते से जोड़ कर एक को चला दिया ग्रौर शाश्वत चिलत्न बन गया। यदि ऊपर बतायी गयी योजना के तर्कों का ग्रमुसरण किया जाये, तो यहाँ भी एक चक्का दूसरे को घुमायेगा ग्रौर दूसरा पहले को। एक चक्के से भी काम चल सकता है: उसे एक बार घुमा दें ग्रौर उसका

तायां भाग बायें भाग को घुमाने लगेगा ग्रौर बायां भाग दायें को। पर धालिरी दो स्थितियों में विचार का बेतुकापन कुछ ज्यादा ही स्पष्ट है ग्रौर धगीलिये ऐसी योजानायें बनाने के लिये कोई व्यक्ति प्रेरित नहीं होता। पर यदि सच पूछा जाये, तो ऊपर वर्णित सभी तीन "शाश्वत चिलतों" की योजनाश्रों के पीछे एक ही भ्रांति छिपी है।

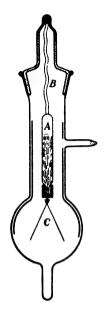
#### लगभग शाश्वत चलिव

गणितज्ञ के लिये "लगभग शाश्वत" शब्दों में कोई आरक्षण की बात गहीं है। गति या तो शाश्वत हो सकती है या नश्वर; यथार्थतः "लगभग णाण्वत" का अर्थ है नश्वर।

पर व्यावहारिक जीवन के लिये ऐसी बात नहीं है। बहुत से लोग इतना ही से संतुष्ट हो जाते कि उनके पास बिल्कुल शाश्वत चिलित नहीं, तो कम से कम "लगभग शाश्वत" चिलित ही है, जो उदाहरण के लिये, एक हजार वर्ष तक काम कर सकता है। मानव जीवन बहुत ही छोटा है श्रीर हमारे लिये सहस्ताब्दियों का भी उतना ही महत्त्व है, जितना शाश्वत का। व्यावहारिक बुद्धि के लोग कहेंगे कि शाश्वत चिलित की समस्या हल हो चुकी है श्रीर श्रव इस पर सर खपाने की श्रावश्यकता नहीं है।

ऐसे लोगों के लिये एक खुगखबरी है कि हजार वर्षों तक काम कर गकने वाले चिलत का म्राविष्कार हो चुका है। ऐसा गाग्वत चिलत कुछ गाधन लगा कर कोई भी व्यक्ति प्राप्त कर सकता है। इस म्राविष्कार पर किसी का एकस्व (पेटेंट) नहीं है और इसे बनाने की विधि सर्वविदित है। 1903 में प्रो. स्ट्रेट द्वारा बनाया गया उपकरण, जिसे म्रक्सर रेडियम- घड़ी के नाम से पुकारते हैं, बिल्कुल सरल है (दे. चित्र 100)।

शीशे के निर्वात बरतन में स्फटिक के धागे B से (जो विद्युत का कुचालक है) एक परख-नली लटक रही है। इसमें एक ग्राम का कुछेक सहस्त्रांश भर रेडियम∽लवण होता है। परख-नली के निचले छोर पर विद्युतदर्शी (एलेक्ट्रोस्कोप) की तरह दो स्वर्ण-पत्तर लगे होते हैं। विदित है कि रेडियम तीन प्रकार की किरणें छोड़ता है: ग्रल्फा, बीटा ग्रीर गामा। हमारे उपकरण के लिये बीटा-किरणें ग्रिधिक महत्व रखती हैं, जो ऋण विद्युत से ग्राविष्ट कणिकाग्रों (एलेक्ट्रोन) के प्रवाह से बनती हैं। ये किरणें



चित्र 100.
रेडियम-घड़ी, जो
"लगभग शाख्वत"
है; एक बार चाबी
देने पर यह 1600
वर्षों तक चलती
रहेगी।

काँच को बेध कर उसके पार निकल जाती हैं।
रेडियम द्वारा अपने गिर्द फेंकी जाने वाली कणिकायें
उसके ऋणावेश का कुछ भाग अपने साथ लेती जाती
हैं और इसीलिये परख नली रेडियम समेत धनाविष्ट
हो जाती है। यह धनावेश स्वर्ण-पत्तरों पर आ
जाता है और उन्हें पारस्परिक विकर्षण द्वारा एक
दूसरे से अलग होने पर विवश कर देता है।

बहुत ज्यादा फैलने पर पत्तर बरतन की दीवारों को स्पर्श करने लगते हैं श्रौर वहाँ अपना श्रावेश खो देते हैं (क्योंकि वहाँ दीवार से पन्नी की पट्टियां लगी होती हैं, जिनके सहारे आवेश निकल जाता है)। आवेश खो कर वे पुनः आपस में सट जाते हैं। पर धनावेश जमा होता रहता है, इसलिये पत्तर पुनः फैलते हैं, श्रपना आवेश दीवारों को दे देते हैं श्रौर पुनः सट जाते है। यह किया चलती रहती है श्रौर हर दो-तीन मिनट पर अपने को दुहराने लगती है। स्फुरण किया इतनी नियमित होती है, जैसे यह घड़ी की लोलक हो। इसीलिये इसका नाम रेडियम-घड़ी पड़ा है। दिसयों श्रौर सैकडों वर्षों तक, जबतक रेडियम से विकिरण जारी रहेगा, घड़ी काम करती रहेगी।

पाठक निस्संदेह समझ रहे होंगे कि यह " शाश्वत " नहीं , सिर्फ नि:शुल्क चलित्र है ।

कितने समय तक रेडियम भ्रपनी किरणें छोड़ता रहता है?

यह निर्धारित है कि रेडियम की विकिरण-क्षमता 1600 वर्षों में दुगुनी कम हो जाती है। इसीलिये रेडियम घड़ी बिना रूके एक हजार वर्षों से कम नहीं चलेगी। सिर्फ स्फुरण की भ्रावृत्ति (बारंबारता) कम होती जायेगी, क्योंकि कालानुसार विद्युत का भ्रावेश कम होने लगता है। यदि रूस राज्य के भ्रारंभ में ऐसा उपकरण बनाया गया होता, तो वह भ्राज भी काम करता रहता।

क्या इस नि:शुल्क चलित्र से कोई व्यावहारिक लाभ हो सकता है?

भफसोस है कि नहीं। इस चिलत्न की शक्ति, ग्रर्थात् उसके द्वारा प्रति सेकेंड संपन्न कार्य इतना नगण्य है कि उससे कोई भी यंत्र चलाया नहीं जा सकता। असके काम का परिणाम दृष्टिगोचर हो, इसके लिये रेडियम के काफी बड़े भंधार की ग्रावश्यकता पड़ेगी। लेकिन तब ऐसे निःशुल्क चिलत्न से दिवाला पिट जायेगा, क्योंकि रेडियम पृथ्वी पर काफी महंगा व विरल तत्त्व है।

#### बिजली के तार पर चिड़िये

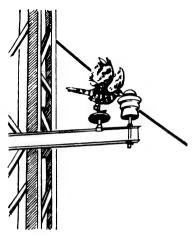
सभी जानते हैं कि उच्च वोल्टता पर स्थित बिजली के किसी तार को (जैसे ट्राम के तार को ) छूना ब्रादमी के लिये खतरनाक होता है। गह ब्रादमी ग्रीर बड़े जीवों के लिये घातक सिद्ध हो सकता है। बिजली के लभों से टूट कर लटके तार से गाय या घोड़े की मृत्यु होने की अपनेक भटनायें ज्ञात हैं।

लेकिन तार पर बैठी चिड़ियों को क्यों नहीं कुछ होता? शहरों में भापने अक्सर यह दृश्य देख होगा (चित्र 101)।



िए। 101. बिजली के तार पर पक्षी बिना किसी खतरे के बैठे रहते हैं। चया?

इस विरोधाभास को समझने के लिये निम्न बात पर ध्यान देना चाहिये:
नार पर बैठी चिड़िया का शरीर सर्किट की एक उपशाखा का काम करने
नगता है, जिसका प्रतिरोध दूसरी शाखा (दोनों पैरों के बीच के नन्हे भाग)
की गुलना में बहुत ग्रधिक होता है। इसीलिये इस उपशाखा (चिड़िया के शरीर) में धारा-बल नगण्य होता है ग्रौर कोई नुकसान नहीं पहुँचाता।
नामन यदि तार पर बैठी चिड़िया पंख, दुम या चोंच ग्रादि से खंभे को छू दे,
या किसी भी प्रकार जमीन से संलग्न हो जाये, तो उसके शरीर से हो



चित्र 102. उच्च वोल्टता पर बिजली भेजने के लिये बने खंभों पर चिड़ियों के बैठने के लिये पृथक्कृत स्थान।

कर पृथ्वी की श्रोर दौड़ती घारा द्वारा क्षण भर में उसकी मृत्यू हो जायेगी। एसा श्रक्सर देखा जाता है।

चिड़ियों की श्रादत होती है कि वे खंभे की बाजू पर बैठ कर तार से चोंच साफ करने लगती हैं। चूँ कि बाजू खंभे द्वारा जमीन से संलग्न होता है, इसिलये धारामय तार को छूते ही भूसंपर्कित चिड़िया की मृत्यु हो जाती है। ऐसी घटनाग्रों की विशाल संख्या का श्रंदाज श्रापको इस बात से लग सकता है कि जर्मनी में चिड़ियों की रक्षा करने के लिये विशेष कदम उठाने पड़े। इसके लिये खंभों के बाजू पर चिड़ियों

के बैठने के लिये पृथक स्थान बनाया जाता है (चित्र 102), ताकि वे बिना किसी खतरे के चोंच साफ कर सकें। कभी-कभी खतरनाक स्थानों को घेर दिया जाता है, ताकि पक्षी उसे छ न सके।

सोवियत संघ में इस तीव्रता से विद्युतीकरण का विकास हो रहा है कि यहाँ भी बिजली के तार से पक्षियों की रक्षा के लिये कुछ सोचना चाहिये। इससे वन ग्रीर खेती को लाभ होगा।

## तड़ित-प्रकाश

क्या स्रापने कभी बिजली की चमक में सड़क के सरगर्म भाग का दृश्य देखा है? यदि हाँ, तो स्रापने स्राकाश में चमकने वाली बिजली के प्रकाश की एक विशेषता पर स्रवश्य ध्यान दिया होगा: सड़क पर, जहाँ काफी चहल-पहल थी, क्षण भर को सब कुछ मृतप्राय हो जाता है। दौड़ते घोड़े हवा में पैर उठाये थम जाते हैं; गाड़ियां भी थम जाती हैं; चक्के की तीलियाँ स्पष्ट दिखने लगती हैं...

इस प्रतीयमान जड़ता का कारण है तड़ित का ग्रात्यंत छोटा जीवन-काल। विजली से उत्पन्न सभी चिनगारियों की तरह तड़ित भी इतनी कम देर टिकती है कि साधारण उपकरणों द्वारा उसे नापा भी नहीं जा सकता। ग्रप्रत्यक्ष विधियों से यह निर्धारित करने में सफलता मिली है कि तड़ित सेकेंड के मुख सहस्त्रांश भर ही जीवित रहती है। इतने नन्हे ग्रंतराल में शायद ही मोई वस्तु इतना खिसक सकती है कि उसका स्थानांतरण ग्रांखों से दिख यके। इसीलिये चहल-पहल से भरी सड़क भी बिजली की कौंघ में बिल्कुल गमी सी लगती है; हमें सड़क पर सेकेंड के सहस्त्रांश भर टिकने वाली मीज दिखती है। इस ग्रंतराल में चलती गाड़ी के चक्के की तीली मिलीमीटर के एक क्षुद्रांश भर ही घूम पाती है। स्वाभाविक है कि ग्रांखों को वह जड़

#### तिइत की कीमत

पुराने जमाने में तिड़त को भगवान का श्रस्त्र माना जाता था, श्रतः ।।। समय ऐसा प्रश्न पूछना धर्म की निंदा करने का प्रतीक होता। लेकिन भाज के युग में विद्युत-ऊर्जा क्रय-विक्रय की सामग्री हो गयी है; उसे नापते है, उसका मूल्यांकन करते हैं और इसीलिये तिड़त की कीमत जैसा प्रश्न भव निरर्थक नहीं रह गया है। तिड़त की कीमत का श्रर्थ है वच्चपात के निंग विद्युत-ऊर्जा की आवश्यक मात्रा को ज्ञात करना और यह हिसाब प्रमाना कि इतनी ही बिजली घर में खर्च करने पर आपको कितने पैसे की गुड़ते।

कलन इस प्रकार है: तड़ित में विसर्जित विद्युत का विभव करीब करी वोल्ट होता है। इस स्थिति में घारा-बल श्रिष्ठिक से श्रिष्ठिक 200 हजार

<sup>&#</sup>x27; प्रधिक जीने वाली तिहत भी होती हैं; उनका जीवनकाल सेकेंड के भनाभ से दशांश तक लंबा हो सकता है। बहुगुनित तिहतें भी होती हैं। अब एक तिहत द्वारा बनाये गये पथ पर एक के बाद एक दिसयों तिहतें भाग पहती हैं, तो इसे बहुगुनित तिहत कहते हैं। इसका जीवन काल कुल गिला कर ढेढ़ सेकेंड तक का हो सकता है।

<sup>—</sup> संपादक

ऐंपियर के बराबर हो सकता है (यह इस बात से ज्ञात किया जाता है कि बिजली गिरने पर तिड़त चालकों में बहने वाली विद्युत धारा के कारण लोहे का छड़ किस हद तक चुंबकीकृत हो जाता है)। वाट में शिवत की मात्रा ज्ञात करने के लिये वोल्ट व ऐंपियर की संख्याग्रों को ग्रापस में गुणा करना पड़ता है; पर इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि जबतक बिजली गिरती है, उसका विभव शून्य तक उत्तर ग्राता है। ग्रतः विसर्जित ग्रावेश की शिवत कलन करने के लिये ग्रौसत विभव ग्रर्थात ग्रारंभिक विभव का ग्राधा लेना चाहिये। प्राप्त होता है:

म्रावेश की शक्ति- 
$$\frac{50\,000\,000\times200\,000}{2}$$
 म्रर्थात्  $5\,000\,000\,000\,000$ 

वाट या 5 ग्ररव किलोवाट।

शून्यों की इतनी बड़ी कतार पाने के बाद स्वाभाविक ही है कि ग्राप तड़ित का मूल्य व्यक्त करने के लिये कोई बड़ी संख्या पाने की उम्मीद कर रहे होंगे। पर किलोवाट घंटे में (जो ग्रापके घर में लगा मीटर दिखाता है) ऊर्जा को व्यक्त करने के लिये समय को भी घ्यान में रखना होगा। इतनी बड़ी शक्ति का संचार सेकेंड के सिर्फ सहस्त्रांश तक ही जारी रहता है। इस नन्हे कालांतर में खर्च होगा:

$$\frac{5\ 000\ 000\ 000}{3\ 600\ imes\ 1\ 000} \cong 1400$$
 किलोवाट-घंटे ।

उपभोगकर्तांश्रों को एक किलोवाट-घंटे के लिये 4 कोपेक ग्रदा करने पड़ते हैं। इससे तड़ित की कीमत सरलतापूर्वक ग्रांकी जा सकती है:

$$1400 \times 4 = 5600$$
 कोपेक  $= 56$  रूबल।

उत्तर ग्राश्चर्यजनक है: तिड़ित जिसकी ऊर्जा भारी तोप से दागे गये गोले की ऊर्जा से सौ गुनी ग्रधिक है, बिजली-घर के ग्रनुसार सिर्फ 56 रूबल कीमत रखती है।

जानना दिलचस्प होगा कि ग्राधुनिक विद्युत प्राविधि द्वारा बनाया गया तिइत प्राकृतिक तिइत से कितनी दूर है। प्रयोगशालाग्रों में एक करोड़ वोल्टता की 15 m लंबी चिनगारी उत्पन्न की जा चुकी है। दूरी बहुत ग्रिधक नहीं है...

## कमरे में मुसलाधार वर्षा

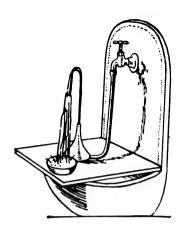
घर में रबड़ की नली से छोटा-मोटा फ़ब्बारा बहुत सरलतापूर्वक बनाया जा सकता है। उसका एक सिरा ऊँचाई पर रखी पानी से भरी बाल्टी में इवा देते हैं या पानी के नल से जोड़ देते हैं। नली का दूसरा मुँह काफी छोटा होना चाहिये, ताकि पानी का फ़ब्बारा महीन धार के रूप में निकले। पेंसिल के एक टुकड़े में से ग्रैफाइट की छड़ निकाल कर पेंसिल को नली में घुसा देने से काम चल जायेगा। फब्बारे को ग्रासानी से नियंत्रित किया जा सके, इसके लिये नली के स्वतंत्र सिरे को ग्रींधे शंकु में चित्र 103 की भौति लगा देते हैं।

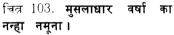
जब फव्वारा करीब श्राधा मीटर ऊँचा हो जाये, तो लाह की छड़ी या एबोनाइट की कंघी सिल्क पर रगड़ कर फव्वारे के समीप लायें। श्राप उमी क्षण एक विचित्र चीज देखेंगे: फव्वारा की श्रलग-श्रलग धारें मिल कर एक धार में परिणत हो जायेंगी, जो एक विशेष ध्विन करती हुई पास ग्ली थाली में गिरने लगेगी। "यह ध्विन श्रापको मुसलाधार वर्षा की याद विलायेगी। इसमें कोई शक नहीं है,—भौतिकविद बायस इसके बारे में कहते हैं,—कि बादल गरजते वक्त वर्षा की बूंदें इसी कारण से बड़ी हो जाती हैं।" लाह की छड़ी हटा लीजिये, फव्वारा फुहारे में परिणत हो जायेगा श्रीर विशेष ध्विन भंगुर धार की नर्म ध्विन में बदल जायेगी।

जो इन बातों से धनिभज्ञ हैं, उनके सामने ध्राप लाह की छड़ी जादूगर की तरह घुमा-घुमा कर खेल दिखा सकते हैं, मानों पानी के फव्वारे पर भी ध्राप हुक्म चला सकते हैं।

फव्वारे पर विद्युत के आवेश के इस विचित्न प्रभाव का कारण समझना कठिन नहीं है। बूंदों का विद्युतन हो जाता है; छड़ी के निकट वाली बूदें धनाविष्ट हो जाती हैं और दूर वाली ऋणाविष्ट। इसीलिये वे एक दूसरे की श्रोर आकर्षित हो कर एकाकार हो जाती हैं।

पानी की धार पर बिजली का प्रभाव ग्रौर ग्रासानी से देखा जा सकता है। एवीनाइट की कंघी बालों पर कुछेक बार फेर कर नल से गिरते पानी की पतली धार के पास लायें: धार टेढी हो कर कंघी की ग्रोर झुक जाती है (चित्र 104)। इस संवृत्ति को समझाना कहीं जटिल काम है, बनिस्बत







चित्र 104. विद्युताविष्ट कंघी को निकट लाने पर पानी की धार विचलित हो जाती है।

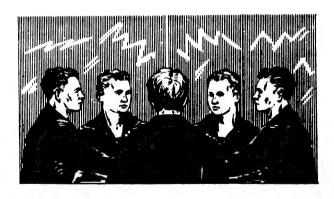
की पिछली संवृत्ति को। इसका संबंध तलीय तनाव में परिवर्तन से है, जो विद्युतावेश के प्रभाव से होता है।

एक बात ग्रौर बता दें कि घर्षण द्वारा विद्युत के ग्रावेशों का ग्रासानी से उत्पन्न हो जाना ही चक्कों को जोड़ने वाले गितसंचारक फीते के विद्युतन का कारण होता है। उत्पादन की कुछ क्रियाग्रों में उससे बिजली की चिनगारियां निकलने लगती हैं ग्रौर ग्राग लगने का गंभीर खतरा बन जाता है। इसे रोकने के लिये फीतों पर चांदी की महीन परत चढ़ा देते हैं। चांदी बिजली का सुचालक है, ग्रतः फीते पर ग्रावेश का जमा होना संभव नहीं होता।

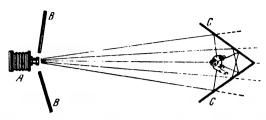
# 👵 😘 परावतन फ्रोर ग्रपवर्तन दृष्टि

#### गंचपक्षीय चित्र

फोटोग्राफी में एक निराली विधि है, — व्यक्ति को एक साथ पाँच भिन्न पक्षों से दिखाना। चित्र 105 ऐसे ही एक फोटो के आधार पर बनाया गया है; आप इसमें एक व्यक्ति को पाँच भिन्न मुद्राओं में देख सकते हैं। साधारण फोटो-चित्रों की तुलना में इनसे यह लाभ है कि ये व्यक्ति की विशेषताओं को पूरी तरह से दिखा सकते हैं। आप जानते हैं कि फोटोग्राफर एक बात का बहुत अधिक खयाल रखते हैं: चेहरे को कैसा घुमाव दिया गाये कि चित्र व्यक्ति की सभी विशेषताओं को दिखा सके। यहाँ एक ही बार में चेहरा कई पक्षों से चित्रित हो जाता है। इनमें से एक को चुन लिया गा सकता है, जो व्यक्ति की विशेषताओं को सबसे अच्छा व्यक्त करता हो। इस तरह के चित्र कैसे प्राप्त किये जाते हैं? निस्संदेह, दर्पणों की महायता से (चित्र 106)। व्यक्ति कैमरे A की ओर पीठ कर के बैठता



एक ही व्यक्ति का एक साथ पांच ग्रोर से खींचा गया फोटोचित ।



चित्र 106. पंचमुखी फोटोचित्र प्राप्त करने की विधि। स्रादमी को दर्पणों CC के बीच खड़ा किया जाता है।

है। उसका मुख दो उदग्र दर्पणों की ग्रोर होता है। दर्पणों के बीच का कोण  $360^{\circ}$  का पाँचवा भाग, ग्रर्थात्  $72^{\circ}$  के बराबर होता है। दर्पणों के इस जोड़े से व्यक्ति के चार बिंब मिल जायेंगे, जिनका मुख कैमरे की ग्रोर भिन्न पक्षों से होगा। कैमरे से इन चारों बिंबों समेत व्यक्ति का चित्र खींचा जाता है। फोटो में दर्पण दिखायी नहीं देते (वे बिना फ्रेम के होते हैं)। कैमरा दर्पणों में प्रतिबिंबित न होने लगे, इसके लिये उसे दो पदौं (BB) से ढक देते हैं। सिर्फ लेंस के सामने एक छेद छोड़ दिया जाता है।

बिंबों की संख्या दर्पणों के श्रापसी कोण पर निर्भर करती है: जितना ही वह कम होगा, बिंबों की संख्या उतनी ही ग्रधिक होगी। यदि कोण  $360^\circ/4=90^\circ$  हो, तो चार बिंब मिलते हैं। कोण के  $360^\circ/6=60^\circ$  होने पर 6 बिंब प्राप्त होते हैं, श्रौर  $360^\circ/8=45^\circ$  होने पर - श्राट, श्रादि। पर श्रनेक बार परावर्तन होने से बने बिंब श्रस्पष्ट होते हैं, इसलिये पंच-पक्षीय चित्र से ही संतोष करना पड़ता है।

## सौर चलित्र ग्रौर सौर तापित्र

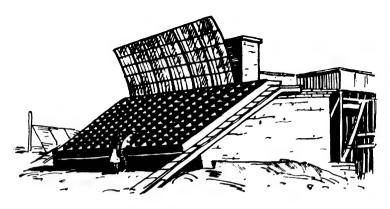
चिलतों के वाष्पित को सौर ऊर्जा से गर्म करने का विचार आकर्षक है। पर आइये, थोड़ा हिसाब लगाते हैं। वातावरण की वाह्य (ऊपरी) सतहों के उस भाग पर, जो सूर्य-िकरणों के अभिलंब होता है, प्रति वर्ग सेंटीमीटर पर प्रति मिनट प्राप्त होने वाली सौर-ऊर्जा की मात्रा सही-सही निर्धारित की जा चुकी है। यह मात्रा शायद स्थिर रहती है, इसलिये इसे "सौर-स्थिरांक" भी कहा जाता है। सौर स्थिरांक का मान प्रति वर्ग मीटर



14a 107. तुर्कमेनिया में सूर्य-िकरणों से पानी गर्म करने के लिये उपकरण

पर प्रति मिनट लगभग 2 छोटा कैलोरी (या ग्राम कैलोरी) है। सूरज वारा नियमित रूप से भेजी जाने वाली यह तापीय रसद पृथ्वी की सतह तक पूरी-पूरी नहीं पहुँचती: करीब ग्राधा कैलोरी ताप वातावरण द्वारा ग्रवशोषित हो जाता है। हम मान सकते हैं कि सूर्य-किरणों के ग्राभलंब पृथ्वी-तल के पत्यक वर्ग सेंटीमीटर को करीब 1.4 कैलोरी ताप प्राप्त होता है। यह 1 m² पर प्रांत मिनट 14000 छोटे कैलोरी या 14 बड़े कैलोरी (किलो कैलोरी) के अस्मवर होगा ग्रीर प्रति सकेंड — करीब 1/4 बड़े कैलोरी के। चूंकि 1 बड़ा कैलोरी पूरी तरह से यांत्रिक कार्य में परिवर्तित हो कर 427 kgm ऊर्जा के। है, इसलिये पृथ्वी के 1 m² क्षेत्र पर उसके ग्राभलंब गिरती सूर्य-किरणों य प्रति सेकेंड 100 kgm से थोड़ी ग्राधिक ऊर्जा प्राप्त होती है। यह 11/3 सम्ब-शक्त से थोड़ी ग्राधिक होगी।

यूर्य-किरणों की ऊर्जा इतना काम कर सकती है श्रौर वह भी सिर्फ क्षम्यतम परिस्थितियों में – श्रर्थात् जब किरणें तल के श्रभिलंब गिर रही हों



चित्र 108 तुर्कमेनिया में सूर्य चलित कोल्ड-स्टोर।

श्रीर प्राप्त कर्जा शत-प्रतिश्वत यांतिक कर्जा में परिणत की जा रही हो। पर चालकशक्ति के रूप में सूर्य का प्रत्यक्ष उपयोग करने के लिये श्रवतक के प्रयत्न ऐसी श्रादर्श परिस्थितियों से बहुत दूर रहे हैं: उनका दक्षता-गुणांक 5-6% से श्रीधक कभी नहीं हुश्रा है। विख्यात भौतिकविद् एब्बीट का सौर चिलत श्रवतक कार्यान्वित योजनाश्रों की तुलना में सबसे श्रीधक दक्षता-गुणांक (15%) रखता है।

सूर्य-िकरणों से यांत्रिक-कार्य की अपेक्षा सिर्फ गर्मी प्राप्त करना कहीं अधिक सरल है, — इस बात पर सोवियत संघ में विशेष ध्यान दिया गया है। यहाँ (समरकंद में) एक अखिल सोवियत सौर ऊर्जा संस्थान भी है, जहाँ विस्तृत खोज-कार्य चल रहे हैं। ताशकंत में धूप से पानी गर्म करने वाला एक हम्माम है, जिसका प्रतिदिन 70 व्यक्ति उपयोग कर सकते हैं। ताशकंत के ही एक घर के छत पर एक सौर-उपकरण है, जिसमें सूर्य-िकरणों से गर्म होने वाले आठ क्वियत लगे है; इनमें से प्रत्येक 200 बाल्टी पानी गर्म कर सकता है। इससे घर के सभी क्वार्टरों का काम चल जाता है। सौर-तकनीशियनों के अनुसार गर्म पानी वर्ष में सात-आठ महीनों तक बिना नागा के मिला करेगा। अन्य चार-पाँच महीने गर्म पानी सिर्फ धूप उगे दिन मिलेगा। क्वियतों की औसत दक्षता अपेक्षाकृत अधिक है — करीब 47%। अधिकतम कार्य-दक्षता 61% तक प्राप्त की जा सकती है।

तुर्कमेनिया में एक सौर शीतित (गेलियो रेफीजरेटर) का परीक्षण

िना गया था। परिवेशी हवा का तापक्रम छाया में  $45^\circ$  होने पर शीतिन्न किया में प्रशीतक बैटरियों का तापक्रम शून्य से  $2-3^\circ$  नीचे होता था। भीशांगिक सौर-शीतिन्न का यह पहला उदाहरण है।

गौर-ऊर्जा से गंधक-द्रवण (द्रवणांक 120°C) के प्रयोग भी उत्तम रहे हैं। गौर-ऊर्जा से काम करने वाले चंद ग्रौर उपकरण बन चुके हैं, जिनकी गाव दिला देना उपयुक्त होगा: कास्पियन व ग्रराल सागरों पर पानी मीठा करने के लिये उपकरण, मध्य एशिया में पानी ऊपर खींचने वाले पंप, फल गुखाने वाले उपकरण ग्रादि इस दिशा में की गयी खोजों के नये परिणाम हैं। रसोई बनाने वाले चूल्हे भी हैं, जिन पर खाना सूर्य-किरणों । पकता है। कृतिम रूप से कैंद की गयी सूर्य-किरणों का उपयोग इतना तक ही सीमित नहीं रहेगा। मध्य एशिया, काकेशिया, किम, वोल्या व विक्षणी उक्तैन के ग्रार्थिक जीवन में सौर-ऊर्जा को ग्रभी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभानी है।

## धबुष्य करने वाली टोपी

जादूई टोपी की कहानी स्रिति प्राचीन काल से चली स्रा रही है: जो भी इसे पहनता है, झदृश्य हो जाता है। पुरानी किंवदंती को "रुसलान भीर लुदमीला" में सजीव करते हुए पुश्किन ने इस चमत्कारी टोपी का गुदर वर्णन किया है:

"श्रौर मृदुला के मन श्राया, खयालों की मनरोली में, अटपट विचार श्रावारा — लगती कैसी मैं टोपी में... चोर्नामोर की टोपी लुदमीला, श्रांखों पर, सीधा, तीरछा, उलट रही, पुलट रही, पहन गयी श्राखिर उल्टा। फिर क्या? चमत्कार-युग का दान! लुदमीला थी श्रंतर्धान।

सीधी की — श्रौर पहले जैसी लुदमीला खड़ी दर्पण में; फिर उलटी — फिर गायब; उतार ली — दर्पण में! "ग्रच्छा! श्रो, मायावी! भाग्य मेरा! ग्रब नहीं रहा कोई खतरा!"

ग्रदृश्य होने की क्षमता बंदिनी लुदमीला के लिये ग्रपनी रक्षा का एकमात साधन रह गयी थी। संतरी उसे देख नहीं पाते थे, सिर्फ उसके कार्यों से उसकी उपस्थिति का ग्रनुमान लगा पाते थे:

हर समय हर जगह दिख जाते चिह्न उसके करनामों के — कभी पका-सा पीला फल कलरवमय टहनी से श्रोझल, कभी निर्झंर की बूंदा-बूंदी उड़ नहलाती हरी घास रौंदी; तब जान लेते महलवासी जलपान कर रही सुवासी... जब विरल होता निशा-तम, लुदमीला निर्झंर को जाती, स्नानरता शीतल जल छलकाती। खुद कार्ल ने देखा एक प्रभात श्रदृश्य हाथों से कैंसे छलकता था तब जल प्रपात।"

ग्रनेक प्राचीन स्वप्न साकार हो चुके हैं, ग्रनेक चमत्कार ग्राज विज्ञान द्वारा दिखाये जा सकते हैं। पहाड़ों में सुरंगें बन रही हैं, ग्राकाश की बिजली प्रयोगशालाओं में कैंद की जा चुकी है, उड़न-खटोला ग्राम बात है... पर क्या ग्रदृश्यकारी टोपी का ग्राविष्कार नहीं हो सकता? या कोई ग्रन्य साधन नहीं ढूँढा जा सकता, जिससे हम ग्रदृश्य हो सकें? यहाँ इसी समस्या पर विचार किया जायेगा।

## प्रदृश्य श्रादमी

ग्रंग्रेज लेखक वेल्स ग्रपने उपन्यास "ग्रदृश्य-ग्रादमी" में पाठकों को यह विश्वास दिलाने का प्रयत्न करते हैं कि ग्रदृश्य बनना संभव है। उसका नायक (उपन्यासकार उसे "दुनिया के सबसे प्रतिभाशाली भौतिकविद्" के भग में पेश करते हैं) मानवशरीर को ग्रदृश्य बनाने की विधि ज्ञात कर नेता है। देखिये, ग्रपने एक चिकित्सक मित्र को वह ग्रपनी खोज के वैज्ञानिक भाधार को किस प्रकार समझाता है:

"दृश्यमानता प्रकाश के साथ पिंडों की किया पर निर्भर करती है। ग्राप जानते हैं कि कोई भी पिंड या तो प्रकाश को ग्रवशोषित करता है, या परावर्तित या श्रपवर्तित। यदि पिंड न तो प्रकाश को **अवशोषित करता है, न परावर्तित या अपवर्तित, तो पिंड अदृ**श्य होगा। उदाहरण के लिये लाल डिब्बे को लीजिये; वह दश्यमान है, क्योंकि उसका रोगन प्रकाश का एक ग्रंश ग्रवशोषित कर लेता है भ्रौर भ्रन्य भाग को परावर्तित (प्रकीर्णित ) कर देता है। यदि डिब्बा प्रकाश को बिल्कुल ग्रवशोषित नहीं करता, उसे पूर्णतया परावर्तित कर देता, तो वह चांदी जैसा क्वेत श्रीर चमकदार होता। हीरे से बना डिब्बा प्रकाश को बहुत कम अवशोषित करता और उसकी पूर्ण सतह से प्रकाश का परावर्तन भी बहुत कम होता; सिर्फ किनारियों के पास प्रकाश का थोड़ा परावर्तन व श्रपवर्तन होता, जिससे हमें डिब्बे का चमकदार प्रकाशीय 'ग्रस्थिपंजर' दिखता। शीशे का डिब्बा कम चमकता ग्रौर हीरे के डिब्बे जितनी स्पष्टता से दिष्टिगोचर नहीं होता, क्योंकि शीशा परावर्तन व अपवर्तन और भी कम करता है। यदि सफेद पारदर्शक काँच के टुकड़े को पानी में (या ग्रौर ग्रच्छा होगा यदि पानी से कुछ ग्रधिक घने द्रव में ) रखा जाये, तो वह लगभग पूरी तरह से गायब हो जायेगा, क्योंकि पानी में चलती प्रकाश-किरणें काँच से बहुत बहुत कम परावर्तित व अपवर्तित होती है। काँच वैसे ही अदश्य हो जाता है, जैसे हवा में कार्बन डायक्साइड या उदजन (हाइड्रोजन) की फुहार। दोनों जगह एक ही कारण की भृमिका है।

ें – हाँ, – केंप (चिकित्सक) ने कहा, – ये बातें बहुत ही सरल हैं स्रौर हमारे युग में इन्हें स्कूल का बच्चा-बच्चा जानता है।

- एक श्रीर बात बता दूँ, जिसे स्कूल का हर बच्चा जानता है: यदि काँच को महीनी से पीस लिया जाये, तो हवा में उसकी दृष्टिगोचरता ग्रधिक हो जाती है; वह श्वेत ग्रपारदर्शक चूर्ण में परिणत हो जाता है। कारण यह है कि पीसने से काँच की परावर्तक व ग्रपवर्तक सतहों की संख्या बढ जाती है। खिड़की में लगे शीशे की ऐसी दो सतहें हैं, पर चूर्ण में प्रकाश हर कण की कई सतहों से परावर्तित एंव ग्रपवर्तित होता रहता है। इसके ग्रतिरिक्त, चूर्ण में प्रकाश बहुत दूर तक नहीं जा सकता। पर यदि काँच के चूर्ण को पानी में डाल दिया जाये, तो वह गायब हो जाता है। पीसे हुए काँच ग्रौर पानी के ग्रपवर्तनांक लगभग समान होते हैं, इसलिये एक से दूसरे में प्रवेश करते वक्त प्रकाश का परावर्तन व ग्रपवर्तन कम होता है।

काँच को लगभग उसके समान अपवर्तनांक वाले द्रव में रख कर आप उसे अदृश्य कर दे सकते हैं: पारदर्शक वस्तु हमेशा अदृश्य हो जाती है, जब उसे उसके समान अपवर्तनांक वाले परिवेश में रखा जाता है। काँच को हवा में भी अदृश्य किया जा सकता है; इसके लिये कुछ ज्यादा सोचने की आवश्यकता नहीं है: सिर्फ इतना करना होगा कि काँच का अपवर्तनांक हवा के अपवर्तनांक के बराबर हो जाये; इससे काँच से हवा में प्रवेश करते वक्त प्रकाश का न तो परावर्तन होगा, न अपवर्तन।

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> बिल्कुल पारदर्शक वस्तु को पूर्णतः ग्रदृश्य बनाने के लिये उसे चारों ग्रोर से ऐसी दीवारों द्वारा घेर देनी चाहिये, जो प्रकाश का समरूप प्रकीर्णन कर सके। पार्श्व के छेद से झाँकती ग्रांख को वस्तु की सतह के हर बिंदु से ठीक उतना प्रकाश प्राप्त होगा, जितना वस्तु की ग्रनुपस्थिति में होता: वस्तु की विद्यमानता दिखाने वाली कोई छाया या चमक नहीं रह जायेगी।

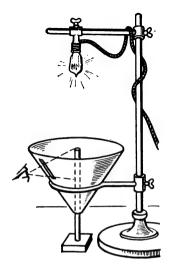
ऐसा एक प्रयोग भ्राप भी कर सकते हैं। सफेद गत्ते को मोड़ कर चित्र 109 की भाँति ग्राघे भीटर व्यास वाला एक शंकु बना लें ग्रीर उससे कुछ ऊपर 25 कैंडिल-शक्ति का बल्ब जलने दें। ग्रब नीचे से काँच का एक छड़ इस प्रकार घुसायें कि उसकी स्थिति यथासंभव उदग्र रहे। उदग्र स्थिति से थोड़ा भी इधर-उधर होने से छड़ श्रपने ग्रक्ष पर काला ग्रीर किनारों

— यह सब ठीक है, — केंप ने कहा, — पर ग्रादमी कोई काँच का तो नहीं बना है न।

- वह ग्रौर भी पारदर्शक है।

- बकवास है!

- क्या यह एक वैज्ञानिक कह रहा है! श्राप क्या दस वर्षों में भौतिकी बिल्कुल ही भूल गये? कागज को लीजिये; उसके सफेद श्रौर अपारदर्शक होने का कारण वही है, जो पीसे हुए काँच के सफेद श्रौर अपारदर्शक होने का कारण है। सफेद कागज पर तेल मल दें। इससे रेशों के बीच का स्थान तेल से इस प्रकार भर जायेगा कि प्रकाश का परावर्तन व अपवर्तन



चित्र 109. **कांच की ग्रदृश्य छड़ी।** 

सिर्फ सतह पर होने लगेगा — और कागज काँच की तरह पारदर्शक हो जायेगा। सिर्फ कागज के रेशे ही नहीं, कपड़े, ऊन, लकड़ी, हड्डियों, बालों, पेशियों,नाखून और स्नायु के रेशे भी पारदर्शक होते

पर प्रकाशमान (या ठीक इसका उल्टा) नजर ग्राने लगेगा। दोनों ही पृथ्य छड़ को इधर या उधर हल्का झुकाव दे कर प्राप्त किये जा सकते हैं। थोड़ा घुमा-फिरा कर ग्राप छड़ की वह स्थिति प्राप्त कर ले सकते हैं, जिसमें वह सब ग्रोर से समरूपता के साथ प्रकाशित हो जाता है। ग्रब गर्द उसे पार्श्व की दरार से देखेंगे (उसकी लंबाई 1 cm से ग्रिधिक नहीं होनी चाहिये), तो छड़ बिल्कुल गायब हो जायेगा। छड़ ग्रौर हवा की पगवर्तक क्षमतायें काफी भिन्न हैं, फिर भी उपरोक्त स्थित में छड़ पूरी तग्रह ग्रदश्य हो जाता है।

तराशे हुए (फलिकत) कौंच के टुकड़े को श्रदृश्य बनाने की एक श्रन्य विधि है: उसे डिब्बे में डाल देते हैं, जिसकी भीतरी सतहें संदीप्त रोगन ग पुती होती है।

हैं! ग्रौर इन्हीं से तो ग्रादमी बनता है। सिर्फ रक्त के लाल पदार्थ ग्रौर बालों के काले रंजक (पिगमेंट) ही ग्रपारदर्शक होते हैं ग्रौर इतनी सी बात के कारण हम ग्रदृश्य नहीं हो पाते!"

उपरोक्त बातों की सत्यता का प्रमाण है बिना बाल वाले रंजकहीन (ग्रालबीनो) जंतु, जिनके तंतुग्रों में रंजक पदार्थ बिल्कुल ग्रनुपस्थित रहते हैं। ऐसे जीव काफी हद तक पारदर्शक होते हैं। 1934 ई. में जेत्स्कोये सेलो (एक गाँव) में एक रंजकहीन मेढ़क मिला था। जीवविज्ञानी उसका वर्णन करते हैं: त्वचा ग्रौर पेंशियों के तंतु पारदर्शक हैं; उनके पार भीतर की बनावटें ग्रौर ग्रस्थिपंजर साफ झलक रहे हैं... पेट की दीवार ग्रौर भी पारदर्शक है – हृदय-संकोचन ग्रौर ग्राँतें साफ दिख रही हैं।"

वेल्स लिखित उपन्यास के नायक ने मानव-शरीर के तंतुक्रों और रंजक द्रव्यों को पारदर्शक बनाने की विधि ढूँढ़ ली और ग्रपनी खोज का सफलता-पूर्वक प्रयोग श्रपने ही शरीर पर कर लिया। श्रब देखें कि इस श्रदृश्य श्रादमी के साथ श्रागे क्या हुग्रा।

## ग्रबृश्य ग्रादमी की शक्ति

"अदृश्य आदमी" के लेखक असाधारण निपुणता से सिद्ध करते हैं कि पारदर्शक व अदृश्य हो जाने पर आदमी लगभग असीम शक्ति का मालिक बन जाता है। वह कहीं भी अदृश्य पहुँच सकता है; कोई भी चीज उठा कर ले जा सकता है; अदृश्य होने के कारण वह हथियारबंद लोगों की पूरी भीड़ के साथ लड़ सकता है। सर्वसाधारण को कड़ी सजा की धमकी दे कर वह पूरे नगरवासियों को अपने अधीन कर लेता है। उसे कोई भी पकड़ नहीं सकता, उसे चोट नहीं पहुँचा सकता और वह सबों की खबर ले सकता है। लोग अपनी रक्षा के लिये कितनी भी सावधानी क्यों न बरतें, इस अदृश्य दृश्मन से बचना असंभव था। इस असाधारण शक्ति के कारण ही अंग्रेजी उपन्यास का नायक अपने शहर की जनता के बीच यह घोषणा करता है:

" त्राज से इस नगर में महारानी का शासन खत्म होता है! सेना-नायकों और पुलिस अफसरों को बता दें कि शहर मेरे अधीन है। स्राज का दिन नये युग के प्रथम वर्ष का प्रथम दिवस है; यह नये युग का आरंभ है और इसका नाम होगा अदृश्य युग। मैं अदृश्य-प्रथम हूँ! शुरू-शुरू मैं दया-भाव से शासन करूंगा। पहले दिन मात एक व्यक्ति को मृत्युदंड दे रहा हूँ, जिसका नाम है केंप। आज उसकी मृत्यु होगी। वह घर में बंद रहे या कहीं और छिप जाये, अंगरक्षकों के पहरे में रहे या फौलाद से अपने को ढक ले — अदृश्य मृत्यु उसकी श्रोर बढ़ रही है; वह बच नहीं सकेगा! वह अपनी रक्षा के सारे उपाय कर सकता है; इससे जनता पर मेरा प्रभाव ही बढ़ेगा। जिसे अपनी जान प्यारी हो, उसकी कोई सहायता न करे।"

श्रदृश्य को शुरू-शुरू काफी सफलता मिली। भयभीत नगरवासी बड़ी कठिनाई से सत्ता के सपने देखने वाले इस शतु पर विजय प्राप्त कर सके।

## पारदर्शक प्रसाधन

इस विज्ञान-गल्प के भौतिकीय ग्राधार सही हैं या नहीं? सही हैं। पारदर्शक परिवेश में कोई भी पारदर्शक वस्तु ग्रदृश्य हो जा सकती है; परिवेश ग्रौर वस्तु के ग्रपवर्तनांकों में 0.05 तक का ग्रंतर वस्तु के ग्रदृश्य होने में बाधक नहीं बन सकता। ग्रंग्रेज उपन्यासकार की कृति लिखी जाने के कोई दस साल बाद जर्मन शारीरिविद् प्रो. श्पाल्टेगोल्ट्स इस विचार को व्यावहारिक रूप देने में सफल हुए। पर उनकी विधि से सिर्फ मृत ग्रंगों को ही ग्रदृश्य किया जा सकता है, जीवित शरीर को नहीं। पूरे जंतु या भिन्न मानव-ग्रंगों के ऐसे पारदर्शक प्रसाधन ग्रनेक संग्रहालयों में देखे जा गक्ते हैं।

पारदर्शक प्रसाघन तैयार करने की प्रो. श्पाल्टेगोल्ट्स द्वारा आविष्कृत विधि (1911 में) इस प्रकार है: प्रसाधन के प्रश्वेतन और प्रक्षालन के बाद उसे सैलीसीलिक अम्ल के मेथिल ईथर से संतृष्त कर देते हैं (यह उच्च भपवर्तनांक वाला एक रंगहीन द्रव है)। इस प्रकार से तैयार किये गये पूरे, मछली या मानवीय ग्रंग को उसी द्रव में डुबा कर रखते हैं।

स्पष्ट है कि पूर्णतया अदृश्य प्रसाधन तैयार करने का प्रयत्न नहीं किया जाता, ग्रन्यथा शारीरिविद् के लिये उसका कोई उपयोग नहीं रह जायेगा। पर उन्हें बिल्कुल श्रदृश्य भी किया जा सकता है। यह बेशक वेल्स की जीवित म्रादमी को म्रदृश्य करने की कल्पना से बहुत दूर है, क्योंकि जीवित ग्रंग के रेशों को बिना नष्ट किये पारदर्शक द्रव से संतृप्त करने की कोई विधि म्रबतक नहीं ज्ञात हो पायी है। इसके म्रतिरिक्त, प्रो श्पाल्टेगोल्ट्स के प्रसाधन सिर्फ पारदर्शक हैं, म्रदृश्य नहीं। इन प्रसाधनों के रेशे तभी तक म्रदृश्य रहते हैं, जबतक कि म्रनुकूल म्रपवर्तनांक वाले द्रव में डूबे रहते हैं। हवा में वे तभी म्रदृश्य हो सकेंगे, जब उनका म्रपवर्तनांक हवा के म्रपवर्तनांक के बराबर किया जायेगा; ग्रौर यह कैसे किया जाये, म्रभी हम नहीं जानते।

पर मान लें कि कालांतर में ये दोनों बाधायें दूर कर ली जाती हैं ग्रीर ग्रंग्रेज उपन्यासकार का सपना सच हो जाता है। फिर क्या होगा?

वेल्स ने घटनाभ्रों का वर्णन इतना सोच-समझ कर किया है कि भ्राप जाने-श्रनजाने उन्हें सत्य मानने लगते हैं। लगता है कि साधारण लोगों के लिये भ्रदृश्य भ्रादमी सचमुच ही सर्वशक्तिमान होगा...पर यह सही नहीं है।

एक छोटी सी बात रह जाती है, जिस पर "ग्रदृश्य ग्रादमी" के लेखक ने घ्यान नहीं दिया। प्रश्न यह है कि —

## क्या भ्रदृश्य भ्रादमी देख सकता है?

यदि वेल्स ने उपन्यास लिखने के पहले यह प्रश्न उठाया होता, तो ग्रदृश्य ग्रादमी की इतनी रोचक कहानी का जन्म ही नहीं होता...

ग्रदृश्य ग्रादमी की शक्ति के बारे में जो गलतफहमी है, इस प्रश्न से दूर हो जाती है। ग्रदृश्य ग्रादमी ग्रंथा होगा।

उपन्यास का नायक अदृश्य क्यों है? इसलिये कि उसके शरीर के सभी ग्रंग – यहाँ तक कि ग्राँखें भी – पारदर्शक हैं ग्रौर उनका अपवर्तनांक हवा के अपवर्तनांक के बराबर है।

ग्रंब ग्रांखों की भूमिका पर गौर करें: उसका किस्टिलिक, उसकी काँचर (काँचवत) श्राद्रंता ग्रौर उसके श्रन्य भाग प्रकाश-िकरणों को इस प्रकार प्रपवितंत करते हैं कि रेटीना पर वाह्य वस्तुग्रों का बिंब बनने लगता है। पर यदि ग्रांख ग्रौर हवा के ग्रपवर्तनांक समान हैं, तो ग्रपवर्तन का एकमाल कारण नष्ट हो जाता है। समान ग्रपवर्तनता वाले एक परिवेश से दूसरे में प्रविष्ट होते वक्त किरणें ग्रपने मार्ग की दिशा नहीं बदलतीं, ग्रौर इसीलिये वे एक बिंदु पर नहीं मिल सकतीं। ग्रदृश्य व्यक्ति की ग्रांखों से

गुजरते वक्त किरणें कोई बाधा महसूस नहीं करेंगी; वे न तो श्रपने पथ से विचलित होंगी, न कहीं रुकेंगी (रंजक पदार्थ भी तो नहीं हैं! 1)। इसीलिये वे चेतना में कोई बिंब भी नहीं प्रस्तुत करेंगी।

मतलब कि अवृथ्य आदमी कुछ भी नहीं देख सकता। अदृश्य होने से जितने लाभ मिल सकते हैं, निरर्थक हो जाते हैं। सत्ता का सपना देखने वाला भीख मांगता हुआ राह टटोलता होता और लोग इससे अनिभन्न उसके पास से गुजरते रहते। सर्वशक्तिमान व्यक्ति की जगह वह बेसहारा और अपाहिज होता; आजा देने की बजाय वह दया की याचना करता...²

इस प्रकार हम देखते हैं कि वेल्स द्वारा बताये गये तरीके से म्रदृश्य होने की समस्या को हल करना बेकार है। यदि इस तरीके से समस्या पूरी तरह हल हो भी गयी, तो इससे लक्ष्य तक नहीं पहुँचा जा सकता।

¹ जीव में कोई संवेदना उत्पन्न करने के लिये प्रकाश-किरणों को उसकी ग्रांखों में किसी न किसी तरह का परिवर्तन ग्रवश्य लाना पड़ता है। दूसरे शब्दों में, उन्हें एक नियत कार्य संपन्न करना पड़ता है। इसके लिये किरणों को ग्रांख में कहीं पर रकना पड़ेगा। पर बिल्कुल पारदर्शक ग्रांखों किरणों को रोकने में ग्रसमर्थ रहेंगी, ग्रन्यथा वे पारदर्शक नहीं होंगी। जिन जीवों के लिये ग्रात्मरक्षा का साधन उनके शरीर की पारदर्शिता है, उनकी भी ग्रांखों पूर्णतया पारदर्शक नहीं होतीं। "सागर की सतह के निकट, — विख्यात समुद्रवेत्ता मुर्रे लिखते हैं, — ग्रधिकांश जीव पारदर्शक एवं रंगहीन होते हैं। जब उन्हें जाल से निकाला जाता है, उनकी उपस्थित का पता सिफं उनकी नत्ही काली ग्रांखों के कारण चलता है, क्योंकि उनके रक्त में क्षेमोग्लोबीन (रक्त-रंजक कण) भी नहीं होता; रक्त बिल्कुल पारदर्शक होता है।"

² यह भी संभव है कि उपन्यासकार ने जान-बूझ कर यह गलती की हो। विज्ञान-गल्प में वेल्स साहित्य-रचना के किन दाव-पेंचों का उपयोग करते हैं, यह सभी को ज्ञात है: वे श्रपनी कृति की तृटियों को यथार्थवादी विवरणों की भरमार से ढक दिया करते हैं। श्रपने विज्ञान-गल्पों के श्रमरीकी संस्करण के प्राक्कथन में वे साफ-साफ लिखते हैं: "जादू का मंत्र फूँक चुकने के बाद बाकी सभी चीजों को संभाव्य व दैनंदिन रूप में दिखाना चाहिये। भरोसा तर्फ की शक्ति का नहीं, कला-सृजित भ्रम का करना चाहिये।"

#### रक्षी रंग

"अदृश्यकारी टोपी" की समस्या हल करने का एक और रास्ता है। वस्तु को इस प्रकार रंगा जा सकता है कि वह आँखों से दिखे नहीं। प्रकृति अपने जीवों की रक्षा के लिये, उन्हें शबुओं से छिपांने के लिये, उन्हें रक्षी रंग से सुसज्जित करती है। जीवन-संघर्ष में आत्म-रक्षा की यह विधि बहुत विस्तृत पैमाने पर प्रयुक्त होती है।

सैन्य-विद्या में जिसे सुरक्षा रंग की संज्ञा देते हैं, जीवविज्ञानी उसे डार्विन के जमाने से ही रक्षी या शरणदायक रंग कहते ग्रा रहे हैं। जीव-जगत में ऐसी रक्षा के हजारों उदाहरण हैं; उन्हें ग्राप हर कदम पर देख सकते हैं। मरुभूमि के जीवों का रंग ग्रक्सर बालू जैसा पीला होता है। शेर हो या गिरगिट, मकड़ा हो या पक्षी, या कोई कीड़ा-मकोड़ा,—सब मरुभूमि के रंग में रंगे होते हैं। इसके विपरीत, उत्तर के हिमावृत्त स्थलों पर खतरनाक ध्रुवीय भालू से ले कर नन्ही ग्राक चिड़िया तक का रंग सफेद होता है, जिसके कारण बर्फ की सफेद पृष्ठभूमि पर उन्हे देख पाना मुश्किल हो जाता है। पेड़ों की खाल में रहने वाले कीड़े-मकोड़ों का रंग खाल के रंग जैसा ही होता है।

कीड़े-मकोड़ों के संग्रहकर्ता भ्रच्छी तरह जानते हैं कि प्रकृति-प्रदत्त रक्षी-रंग के कारण उन्हें भ्रांखों से ढूँढ़ पाना कितना कठिन होता है। पैरों के पास ही घास में चीखते हरे टिड्डे को पकड़ने की कोशिश कीजिये, — पहले तो भ्राप हरी पृष्ठभूमि पर उसे देख ही नहीं पायेंगे।

जलचर जीवों के साथ भी यही बात है। भूरे जल-घास में रहने वाले समुद्री जीवों का रंग भूरा होता है और लाल वनस्पति के क्षेत्र में विचरन करने वालों का रंग लाल होता है। मछलियों की चांदी सी चमकदार चोंइया भी रक्षी रंग का ही उदाहरण है। उनके शतु हवा में भी हैं और पानी में भी। उपर हिंसक पक्षी मंडराते रहते हैं और नीचे हिंसक जलचर उनकी ताक में घूमते रहतेहैं। चोंइया इन दोनों प्रकार के शतुओं से मछली को छिपाती है। बात यह है कि पानी की सतह सिर्फ उपर से ही दर्पण की तरह चमकदार नहीं दिखती। नीचे पानी के भीतर से वह कहीं ग्रधिक चमकदार लगती है ("पूर्ण परावर्तन" के कारण)। सतह के इस धातुई रंग की पृष्ठभूमि से मछली की चोंइया को ग्रलग करना कठिन हो जाता है। मेंडूसा

भीर दूसरे पारदर्शक जलचरों – केंचुवे, सीप, शीर्षपादी स्नादि – ने "रक्षी रंग" के रूप में पूर्ण रंगहीनता स्नीर पारदर्शिता का चुनाव किया है। इसी कारणवश वे रंगहीन पारदर्शक परिवेश में दृष्टिगोचर नहीं हो पाते।

प्रकृति की ये "चालािकयां" मानवीय भ्राविष्कारों से भी बढ़-चढ़ कर हैं। कई जीवों में परिवेश के अनुसार रंग बदलने की क्षमता होती है। बर्फ की पृष्ठभूमि पर अदृश्य प्रतीत होने वाले चांदी जैसे धवल रोयें से कोई लाभ नहीं होता, यदि गर्मियों में वह कत्थई नहीं हो जाता। बर्फ पिघलने के बाद निकली जमीन का रंग ऐसा ही होता है। रोयेदार जीव-जंतुओं का रंग वसंत के आरंभ से कत्थई में परिणत होने लगता है और जाड़ों में पुनः गफेद हो जाता है।

## मुरक्षा रंग

परिवेश के ग्रनुसार ग्रपना रंग बना कर छिपने की कला लोगों ने भी गीख ली है। पुरानी बटालियनों को तड़क-भड़क प्रदान करने वाली रंग-िगरंगी पोशाक का जमाना चला गया है: ग्रब सैनिकों की पोशाक एकरंगी होती है, जिसे सुरक्षा की दृष्टि से ग्रधिक उपयुक्त माना जाता है। ग्राधुनिक गुद्ध-पोतों का फौलादी भूरा रंग भी सुरक्षा रंग ही है; इसके कारण उन्हें गागर की पृष्टभूमि पर देख पाना सरल नहीं होता।

युद्धकला में छद्मपोशी की नीति इसी श्रेणी में स्राती है: टैंक, किले-भंदी, जहाज स्रादि को छिपाना, कृतिम कुहासा छोड़ना — यह सब शतु का धोखा देने तथा उसकी निगाहों से छिपने के लिये ही किया जाता है। गैन्य-शिविरों को छिपाने के लिये विशेष जाली का उपयोग किया जाता है, जिसके छेदों में घास के गुच्छे लगे होते हैं; सैनिक स्रपनी पोशाक पर भाग और टहनियां स्रादि लगा लिया करते हैं, स्रादि, स्रादि।

ग्राधुनिक युद्ध-विमानन में भी सुरक्षा रंग के उपयोग का काफी प्रचलन ो ।

विमान की ऊपरी सतहें भूतल के रंगानुसार कत्थई, बैंगनी व गाढ़े हम रंगों से रंगी जाती है। इससे विमान के ऊपर उड़ रहे दूसरे विमान ग बेठा हुन्ना व्यक्ति नीचे वाले को भूतल की पृष्ठभूमि से म्रलग नहीं कर पाना।

जमीन पर खड़े संतरियों को धोखा देने के लिये विमान की निचली

सतहें म्राकाश के रंग के म्रनुसार हल्के नीले, हल्के गुलाबी या श्वेत रंग से रंगी जाती हैं। विमान पर ये रंग बड़े-बड़े घब्बों के रूप में होते हैं। 740 m की ऊँचाई पर स्थित विमान में ये धब्बे म्राकाश के रंग में घुल-मिल जाते हैं मौर विमान नीचे से नहीं दिखता। 3000 m की ऊँचाई पर ऐसा विमान जमीन वालों के लिये म्रदृश्य हो जाता है। रात में बम बरसाने वाले विमान काले रंग में पुते होते हैं।

किसी भी परिवेश में छिपने के लिये एक सामान्य सुरक्षा रंग है— वर्षण जैसी चमकीली सतह। इस रंग के कारण वस्तु परिवेश को प्रतिबिंबित करती हुए परिवेश के समान ही हो जाती है और उसे पहचानना कठिन हो जाता है। प्रथम विश्व-युद्ध में जर्मन विमानों पर ऐसा ही सुरक्षा-रंग चढ़ाया गया था: उनकी सतह चमकदार अलुमिनियम की थी, जो आकाश और बादलों को प्रतिबिंबित करती थी। ऐसे विमान को दूर से देख पाना बिल्कुल संभव नहीं था। सिर्फ शोर के कारण उसकी उपस्थित का पता चलता था।

प्रकृति ग्रौर युद्धकला में ग्रदृश्यकारी टोपी का सपना इसी तरह से साकार किया जाता है।

#### पानी में भ्रादमी की भ्रांख

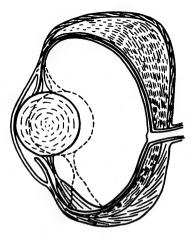
मान लें कि ग्राप पानी में जितनी देर चाहें, रह सकते हैं ग्रौर ग्रपनी ग्रांखें खुली रख सकते हैं। ग्राप कुछ देख सकेंगे या नहीं?

ग्राप कहेंगे कि पानी पारदर्शक है, ग्रतः उसमें उतना ही ग्राराम से देखा जा सकता है, जितना हवा में। पर "ग्रदृश्य ग्रादमी" के ग्रंधे होने की बात याद कीजिये। वह कुछ देखने में ग्रसमर्थ होता, क्योंकि उसकी ग्रांखों ग्रौर हवा के ग्रपवर्तनांक समान होते। पानी में हमारे साथ लगभग वही बात होती, जो "ग्रदृश्य ग्रादमी" के साथ हवा में। निम्न ग्रांकड़ों पर गौर करें,—बात स्पष्ट हो जायेगी। पानी का ग्रपवर्तनांक 1.34 है। ग्रादमी की ग्रांख के पारदर्शक भागों के ग्रपवर्तनांक इस प्रकार हैं:

| शृंगल झिल्ली    | (कार्निया) | ग्रौर काँचर | पिंड |  | 1.34 |
|-----------------|------------|-------------|------|--|------|
| ऋस्टलिक (ऋस्ट   | नीय) लेंस  |             |      |  | 1.43 |
| जलीय ग्राद्वंता |            |             |      |  | 1.34 |

श्राप देख रहे हैं कि किस्टिलिक का अपवर्तन-सामर्थ्य पानी से सिर्फ ।/10 श्रंश ग्रधिक है; ग्रन्य भागों के लिये वह पानी जैसा ही है। इसीलिये पानी में स्थित ग्राँख में किरणों का संसरण रेटीना के पीछे असूत दूर स्थित बिंदु पर होता है, इसीलिये रेटिना पर बिंब ग्रस्पष्ट होता है श्रौर कुछ देख पाना संभव गहीं होता। सिर्फ निकट-दृष्टि वाले लाग पानी में कुछ ठीक-ठाक देख गकते हैं।

यदि ग्राप जानना चाहते हैं कि पानी के भीतर वस्तुएं कैसी विश्वती हैं, तो शक्तिशाली प्रकीर्णक (उभयावतल) शीशों का चश्मा पहन लें। इस स्थिति में किरणों का संसरण-बिंदु (नाभि) रेटीना के बहुत पीछे चला जायेगा ग्रौर



चित्र 110. मछली की आँख का अनुच्छेद। किस्टल गोल होता है और समंजन के लिये अपना रूप नहीं बदलता है। जैसा कि डैशदार पंक्ति द्वारा दिखाया गया है, वह रूप की बजाय आँख में अपनी स्थिति बदलता है।

पिश्विमी वस्तुएं उसे घुंधली ग्रौर ग्रस्पष्ट दिखने लगेंगी। क्या ग्रादमी मन्तिमाली ग्रपवर्तक भीभों की सहायता से पानी में नहीं विश्व सकता?

चरमे में प्रयुक्त साधारण शीशे यहाँ काम नहीं आयेंगे: साधारण काँच का अपवर्तनांक 1.5, अर्थात् पानी के अपवर्तनांक (1.34) से थोड़ा ही अधिक होता है। ऐसे चश्मे पानी में किरणों को बहुत कम अपवर्तित करेंगे। यहाँ विशेष प्रकार के काँच की आवश्यकता है, जिनकी अपवर्ती क्षमता बहुत शीयक होती है (तथाकथित फ्लिंटग्लास या भारी चकमकी शीशे का अपवर्त-गाक लगभग दो के बराबर होता है)। ऐसे शीश के चश्मे से पानी में कृष्ण हद तक देखा जा सकता है (गोताखोरों द्वारा प्रयुक्त विशेष ऐनकों के बारे में आगे पढ़ें)।

६न बातों से स्पष्ट हो जाता है कि मछली का क्रिस्टलिक ग्रत्यधिक

उत्तल क्यों होता है। वह वर्तुलाकार होता है ग्रौर उसका ग्रपवर्तनांक किसी भी ज्ञात जीव के ऋिस्टलिक से ग्रधिक होता है। यदि मछली की ग्राँखों में ऐसा ऋिस्टलिक नहीं होता, तो ग्राँख उसके लिये बेकार होती; उसे ग्रपना जीवन शक्तिशाली ग्रपवर्तनता वाले परिवेश में व्यतीत करना पडता।

## गोताखोर कसे देखता है?

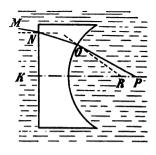
बहुत से लोग यह प्रश्न उठायेंगे: यदि पानी में हमारी आँखें प्रकाश किरणों को नहीं के बराबर अपवर्तित करती हैं, तो फिर गोताखोर वहाँ अपनी पोशाक के भीतर से कैंसे कुछ देखते होंगे? उनके शिरस्त्राण भी उत्तल नहीं होते; उनमें लगा शीशा समतल होता है।... इसके अतिरिक्त, जूल वेर्न के उपन्यास में वर्णित "नाउटिलुस" नामक पनडुब्बी के यात्री जलगत दुनिया का दृश्य देख पाये होंगे या नहीं?

हमारे सामने एक नया प्रश्न है, पर इसका उत्तर देना किठन नहीं है। उत्तर स्पष्ट हो जाएगा, यिद ग्राप इस बात पर ध्यान देंगे कि जब हम बिना गोताखोर की पोशाक के डुबकी लगाते हैं, तो पानी हमारी ग्रांखों के संसर्ग में होता है; गोताखोर के शिरस्त्राण (या पनडुब्बी "नाउटिलुस") में ग्रांखों पानी से हवा ग्रौर शीशे की परत द्वारा ग्रलग कर दी जाती हैं। इससे काफी ग्रसर पड़ता है। प्रकाश-किरणें पानी से निकल कर शीशे से गुजरती हैं ग्रौर फिर हवा में चलती हुई ग्रांखों में प्रविष्ट होती हैं। जब किरणें पानी में चलती हुई समांतर-तलीय काँच पर गिरती हैं, तो प्रकाशिकी के नियमानुसार उनका ग्रपवर्तन नहीं होता, उनकी दिशा नहीं बदलती। हवा से ग्रांख में प्रविष्ट होते वक्त किरणें बेशक ग्रपवर्तित होती हैं, —ग्रौर ग्रांख इन परिस्थितियों में ठीक उसी प्रकार काम करती है, जैसे पानी के बाहर हवा में। हमें चक्कर में डालने वाले विरोधाभास का रहस्य यही है। इन बातों का एक सुंदर उदाहरण पेश किया जा सकता है कि शीशे के होज में तैरती मछलियाँ हमें बहुत ग्रच्छी तरह से दिखती हैं।

#### काँच के लेंस पानी में

ग्रापने कभी यह सरल प्रयोग करने का प्रयत्न किया है: पानी में उभयोत्तल ("विशालक") शीशे को पानी में डुबा कर डूबी वस्तुम्रों को देखने की कोशिश कीजिये, - परिणाम से ग्राप चिकत रह जाऐंगे: विशालक शीशा विशाल नहीं करता! लघ्वक (उभयावतल) णीशा पानी में डुबाइये, - पता चलेगा कि वह वस्तुओं को छोटी नहीं करता। यदि ग्राप यही प्रयोग पानी के साथ नहीं, वनस्पति तेल के साथ करेंगे, जिसका ग्रपवर्तनांक शीशों से ग्रधिक होता है, तो उभयोत्तल शीशा वस्तुओं को छोटी कर देगा और उभयावतल शीशा - बडी!

पर यदि ग्राप प्रकाश श्रपवर्तन के नियमों को स्मरण करें, तो चमत्कार चमत्कार नहीं रह जाएगा। उभयोत्तल लेंस हवा में वस्तुग्रों को बड़ा दिखाता है, ययोंकि काँच प्रकाश को ग्रधिक ग्रपवर्तित करता है, बनिस्बत कि उसकी परिवेशी हवा। पर काँच ग्रीर शीशे की ग्रपवर्तक क्षमतायें लगभग समान हैं; इसीलिये पानी से शीशे में प्रवेश करते वक्त किरणें



चित्र 111. डुबकी लगाने वालों के चश्मे में खोखले समतल - नतोदर वीक्ष लगाये जाते हैं। किरण MN विचलित होती हुई पथ MNOP पर सफर करती है। वीक्ष के भीतर वह श्रापतन बिंदु के श्रिभलंब से दूर होने लगती है श्रौर वीक्ष के बाहर उसके (श्रर्थात् OR के) निकट श्राने लगती है। इसीलिये वीक्ष विशालक की तरह काम करता है।

भपने पथ से र्म्<mark>याधक विचलित नहीं होतीं। यही कारण है कि विशालक</mark> शीशा ह<mark>वा की अपेक्षा पानी में कम बड़ा करता है और</mark> लघ्वक शीशा — कम छोटा।

वनस्पित तेल किरणों को काँच की अपेक्षा अधिक अपवितित करता है, और इसीलिये उसमें "विशालक" शीशा छोटा दिखाने लगता है और "लघ्वक" शीशा बड़ा दिखाने लगता है। खोखले (या हवाई) लेंस भी पानी में इस प्रकार काम करते हैं: अवतल लेंस बड़ा करते हैं और उत्तल — छोटा। डुबकी लगाने वालों का चश्मा ऐसे ही खोखले लेंसो का बना होता है (चित्र 111)।

## धनुभवहीन तैराक

श्रनुभवहीन तैराकों की जान कभी-कभी खतरे में पड़ जाती है, क्योंकि 4 भ्रपवर्तन-नियम के एक रोचक निष्कर्ष को भूल जाते हैं: श्रपवर्तन पानी



चित्र 112. पानी के गिलास में स्थित चम्मच की ग्राकृति टूटी सी दिखती है।

में डुबी वस्तू को उनकी वास्तविक स्थिति से कुछ ऊपर उठा कर दिखाता है। पोखर, नदी या किसी भी जलाशय का तल ऊपर से देखने पर उसकी वास्तविक गहराई से एक तिहाई कम गहरा लगता है, भ्रर्थात तल इतना ऊपर उभरा हम्रा प्रतीत होता है। इस छद्म गहराई का भरोसा कर के ही लोग अपनी स्थिति खतरनाक बना लेते हैं। यह बात विशेषकर बच्चों ग्रीर छोटे कद के लोगों को जाननी चाहिये, जिनके लिये गहराई के श्रनुमान में थोड़ी भूल भी घातक सिद्ध हो सकती है।

इस भ्रम का कारण प्रकाश किरणों का ग्रपवर्तन है। प्रकाशिकी

के जिस नियम के कारण पानी में घाधा डूबा हुमा चम्मच टूटा सा लगता है (चित्र 112), उसी नियम के कारण तल भी उभरा हुम्रा लगता है। प्राप स्वयं यह देख सकते हैं।

ग्रपने मित्र को टबुल से कुछ दूर बैठा लीजिये, ताकि वह सामने रखी कटोरी की पेंदी न देख सके। कटोरी में एक सिक्का डाल दें, जाहिर है कि ग्रापका मित्र उसे नहीं देख सकेगा; कटोरी की दीवारें सिक्के को छिपा लेंगी। ग्रब ग्रपने मित्र से ग्रनुरोध करें कि वह स्थिर बैठा रहे, ग्रपना सिर इधर-उधर न करे। कटोरी में धीरे-धीरे पानी ढालिये। ग्रापके मित्र को सिक्का दिखने लगेगा! पिचकारी से कटोरी का पानी निकाल लीजिये, — कटोरी की पेंदी सिक्का समेत नीचे उतर ग्राएगी ग्रीर उनका दिखना बंद हो जायेगा (चित्र 113)।

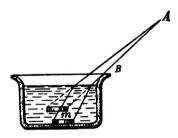
इस घटना को चित्र 114 द्वारा समझाया गया है। श्रवलोकक की श्रांख बिंदु A पर है। वहाँ से उसे पेंदी का भाग m ऊपर उठा हुआ लगता



चित्र 113. कटोरी में पड़े सिक्के के साथ प्रयोग।

है : सिक्के से चलती प्रकाश-किरणें पानी से हवा में प्रविष्ट होते वक्त

श्रपने पथ से विचलित हो जाती हैं श्रीर श्रांख A तक पहुँचती हैं; श्रांख सिक्के को इन रेखाश्रों की सीध में m से थोड़ा ऊपर देखती है। किरणें श्रपने पथ से जितना ही श्रधिक विचलित होंगी, सिक्का उतना ही ऊपर उठा हुआ लगेगा। इसलिये नाव में से देखने पर सर्वत्र समान गहराई वाले पोखर का तल नाव के ठीक नीचे श्रधिक गहरा लगता है श्रौर जैसे-जैसे दृष्टि दूर

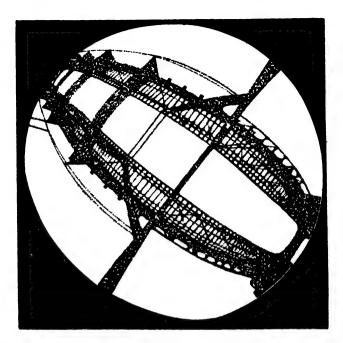


चित्र 114. पिछले चित्र वाले प्रयोग में सिक्का धपने स्थान से उठा हुम्रा क्यों लगता है।

होती जाती है, पोखर की गहराई कम होती दिखती है।

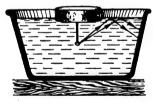
इस प्रकार, पोखर का तल नाव में से देखने पर भवतल लगता है। पर यदि भ्राप डुबकी लगा कर पोखर के तल से उस पर लगे पुल को वेखेंगे, तो वह हमें उत्तल प्रतीत होगा, जैसा कि चित्र 115 में विखाया गया है ऐसे फोटो-चित्र प्राप्त करने की विधि भागे बतायी जायेगी।

इस स्थिति में किरणें अल्प अपवर्तक परिवेश (हवा) से धाधक अपवर्तक परिवेश (पानी) में प्रवेश करती हैं, इसीलिये चित्र उल्हा धालता है। इन्ही कारणों से शीशे के हौज में तैरती मछली को आवमी उल्लाल अतीत होते होंगे। मछलियों को दुनिया कैसी दिखती होगी, इसके बार में हम आगे विस्तारपूर्वक बतायेंगे।



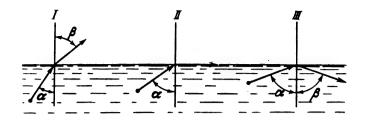
चित्र 115. रेलगाड़ी के लिये नदी पर बना हुम्रा पुल पानी के भीतर से ऐसा ही दिखता है (प्रो. वुड के फोटोचित्र से)।

## ग्रवृश्य सुई



चित्र 116. **पानी में श्रदृश्य** हो जाने वाली सुई। काग की गोल चक्की के बीचों -बीच सुई या पिन चुभा कर पानी की सतह पर उलट दें। यदि काग बहुत प्रधिक चौड़ा नहीं है और पिन पर्याप्त लंबा है, तो सिर झुकाने पर पिन को पानी की सतह के पार से दिखनी चाहिये। लेकिन भ्राप जितनी मर्जी सिर भुका सकते हैं, वह नहीं दिखेगी (चिन्न116).

पिन से चलती प्रकाश किरणें हमारी भौंखों तक क्यों नहीं पहुँचतीं? क्योंकि उनके साथ वही होता है, जिसे भौतिकविद "पूर्ण भ्रांतरिक परावर्तन" कहते हैं।



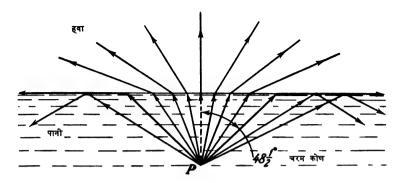
िस 117. पानी से हवा में प्रवेश करते वक्त किरण के अपवर्तन की विभिन्न स्थितियां। स्थिति II में किरण आपतन-बिंदु पर लंब के साथ चरम कोण बनाती हुई गिरती है और इसीलिये पानी से निकल कर पानी की सतह पर फिसलती हुई निकलती है। चित्र III में पूर्ण आंतरिक परावर्तन की स्थिति दिखायी गयी है।

## इस संवृति की याद दिला दूँ।

चित्र 117 में ग्राप पानी से हवा की ग्रोर (या किसी भी ग्रधिक धागवर्तक परिवेश से ग्रस्प ग्रपवर्तक परिवेश की ग्रोर) ग्रग्नसर किरण के भिन्न ग्राभव पथों को देख रहे हैं। जो जाने का पथ है, वही ग्राने का भी पथ हो सकता है। जब किरणें हवा से पानी में प्रवेश करती हैं, तो वे ग्रापतन बिन्दु पर लंब की ग्रोर झुकती हैं। उदाहरणार्थ, यदि पानी पर गिरती किरण ग्रापतन-तल के लंब के साथ β का कोण बनाती हैं ग्रौर पानी के भीतर उस लंब के साथ α का कोण बनाती हैं, तो α कम होगा β से।

पर यदि श्रापितत किरण पानी की सतह पर फिसलती हुई श्रापतन-लंब कि साथ समकोण बनाने लगती है, तब क्या होता है? वह पानी में समकोण त कम (करीब 48/½ डिग्री) का कोण बनाती हुई प्रवेश करती है। किरण पानी में इस प्रकार नहीं प्रवेश कर सकती कि पानी के भीतर वह आपतन-लंब के साथ 48.5 डिग्री से अधिक का कोण बना सके। यह पानी के लिये "चरम" कोण है। इन जटिल संबंधों को अभी ही अच्छी तरह स्पष्ट कर क्षेता चाहिये ताकि आगे चलकर अपवर्तन-नियम के रोचक व आश्चर्यंजनक निएकवीं को समझने में कठिनाई न हो।

उपरोक्त बातों से पता चलता है कि प्रकाश-किरणें पानी पर किसी भी दिशा से क्यों न गिरें; पानी के भीतर दब कर वे एक संकींण शंकु बनाने लगती हैं, जिसका कोण  $48/\frac{1}{2} + 48^{1}/2 = 97^{\circ}$  होता है। ग्रब उल्टी दिशा

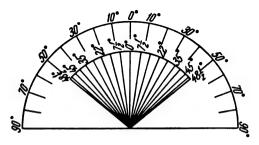


चित्र 118. बिंदु P से निकलती किरणों का ग्रापतन कोण जब चरम कोण (पानी के लिये –  $48^1/2^\circ$ ) से ग्रधिक हो जाता है, वे पानी से बाहर नहीं निकल पातीं; भीतर ही भीतर पानी की सतह से पूर्णतया परावर्तित हो जाती हैं।

में, प्रयात् पानी से हवा की ग्रोर चलती किरणों का पथ देखें (चित्र 118)। प्रकाशिकी के नियम कहते हैं कि पथ वे ही रहेंगे ग्रौर उपरोक्त 97 डिग्री वाले संकोण शंकु के भीतर चलने वाली किरणें पानी से बाहर निकलने में सफल हो जाएंगी; हवा में वे 180° कोण वाले विस्तृत व्योम में वितरित हो कर भिन्न कोणों पर सफर कर सकेंगी।

पर पानी में उक्त शंकु से बाहर की किरणें कहाँ जायेंगी? ज्ञात होता है, कि वे पानी से बाहर बिल्कुल नहीं निकलतीं, वे भीतर ही भीतर उसकी सतह से दर्पण की तरह परावर्तित हो जाती हैं। कोई भी जलगत किरण जब पानी की सतह से "चरम" कोण ( श्रर्थात्  $48/^1_2$  डिग्री ) से ग्रधिक का कोण बनाती हुई मिलती है, तो उसका ग्रपवर्तन नहीं होता; वह परावर्तित हो जाती है। इसी को भौतिकविद् "पूर्ण ग्रांतरिक परावर्तन" की संज्ञा देते हैं।  $^1$ 

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> इस स्थिति में परावर्तन को पूर्ण कहा जाता है, क्योंकि यहाँ सभी किरणें परावर्तित हो जाती हैं। यह काम श्रच्छा से श्रच्छा दर्पण भी नहीं कर सकता। पालिश किये हुए चांदी या मैंग्नेशियम का दर्पण भी सभी किरणों को परावर्तित नहीं करता; वह उनके एक श्रंश को परावर्तित करता है



नित्र 119. वाह्य दुनिया में 180° का कोण बनाने वाला चाप पनडुब्बी प्रेक्षक की ग्रांखों पर 97° तक का ही कोण बना सकता है। चाप का भाग ग्राकाश के शिरोबिंदु से जितना ही दूर होगा, प्रेक्षक को वह उतना ही छोटा प्रतीत होगा।

यदि मछिलियां भौतिकी का ग्रध्ययन करतीं, तो उनके लिये प्रकाशिकी का मुख्य परिच्छेद "ग्रांतरिक परावर्तन" ही होता, क्योंकि उनकी जलगत दृष्टि में वह मुख्य भूमिका निभाता है।

बहुत सी मछिलियां चांदी की तरह सफेंद होती हैं, — इस बात का संबंध भी संभवत: जलगत दृष्टि की विशेषताओं के साथ जुड़ा हुआ है। जीविविज्ञानियों के अनुसार ऐसा रंग उनके ऊपर फैली जलीय सतह के रंग के साथ समंजन का परिणाम है: नीचे से देखने पर पानी की सतह "पूर्ण आंतरिक परावर्तन" के कारण दर्पण सी चमकदार लगती है और ऐसी पृष्ठभूमि पर चांदी सी धवल मछिलियों को देख पाना संभव नहीं होता। जलचर हिंसको से रक्षा का यह अच्छा साधन है।

## पानी में से वाह्य जगत

बहुत से लोगों को संदेह भी नहीं होता होगा कि पानी में से देखने पर बाहरी दुनिया कितनी परिवर्तित लगेगी।

मान लें कि श्राप डुबकी लगा कर बैठे हैं श्रीर पानी की चादर के नीचे से ऊपर की दुनिया का श्रवलोकन कर रहे हैं। ठीक सर के ऊपर

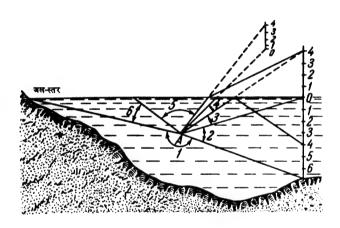
भ्रौर बाकि को भ्रवशोषित कर लेता है। म्रतः उपरोक्त स्थिति में पानी भ्रादर्श दर्पण की तरह काम करता है।

स्थित बादलों के रूप में कोई परिवर्तन नहीं होगा: उदग्र ग्राती किरण अपवर्तित नहीं होती। पर अन्य सभी वस्तुएं, जिनसे चलती किरणें पानी की सतह के साथ समकोण से कम का कोण बनाती हैं. विकृत दिखेंगी: वे ऊंचाई में सिकूडी हुई लगेंगी, मानो उन्हें ऊपर से कस कर दबा दिया गया हो। ऊंचाई में उतनी ही अधिक कमी होगी, जितना कम पानी की सतह के साथ उनसे निकली किरणों का कोण होगा। कारण समझना कठिन नहीं है: पानी के ऊपर दिखने वाली पूरी दुनिया को पानी के भीतर एक संकीण शंकू में समा जाना है: 180 डिग्री को दब कर लगभग दूगना छोटा ( $97^{\circ}$ तक ) हो जाना है और इसीलिये बिंबों की विकृति अवश्यंभावी है। जिन वस्तुत्रों से निकली किरणें पानी की सतह के साथ  $10\,^\circ$  का कोण बनाती हैं, उनका बिंब इतना पिचक जाता है कि उन्हें देख पाना संभव नहीं होता। पर इससे भी ग्रधिक विस्मित होंगे ग्राप जल की सतह के दृश्य से : वह समतल नहीं, शंकू के स्राकार की दिखेगी! स्राप को लगेगा कि स्राप एक शंकू में उसके पेंदे पर बैठे हैं ; शंकू की दीवारें आपस में समकोण से कूछ श्रधिक  $(97^\circ)$  का कोण बनाती हुई दूर श्रपसुत होती जाएंगी। इस शंकु की ऊपरी गोल किनारी लाल, पील, हरे, नील और बैंगनी छल्लों से घिरी होगी। क्यों? सूरज का ख्वेत रंग भिन्न रंगो वाली किरणों के मिश्रण से बनता है; हर प्रकार की किरण का अपना अपवर्तनांक होता है और अपना "चरम कोण" होता है। परिणाम यह होता है कि पानी के नीचे से देखने पर बाहर की वस्तुएं इन्द्रधनुषी रंगो की पट्टियों से घिरी हुई नजर म्राती हैं।

यदि ऊपर की सारी दुनिया इस शंकु में ही सिमट ब्राती है, तो शंकु के घेरे से बाहर क्या दिखता है? वहाँ पानी की चमकदार सतह होती है, जिसमें दर्पण की तरह जलगत वस्तुएं परावर्तित होती हैं।

जिन वस्तुओं का एक भाग पानी में डूबा होता है और दूसरा भाग पानी से ऊपर होता है, उनका रूप और भी असाधारण प्रतीत होता है। मान लें कि नदी में जल-स्तर मापक स्तंभ गड़ा हुआ है (चित्र 120)। पानी के भीतर बिंदु A पर स्थित अवलोकक को क्या दिखेगा ? उसके हारा अवलोकित 360 डिग्री के व्योम को अलग-अलग हिस्सों में बौट लेते हैं और हर हिस्से को अलग-अलग देखते हैं। कोण 1 की सीमा में उसे नदी का तल दिखायी देगा (यदि वहाँ पर्याप्त प्रकाश है)। कोण 2 में वह स्तंभ का जलगत भाग बिना किसी परिवर्तन या विकृति के देखेगा। कोण 3 में

उसे स्तंभ के उसी भाग का परावर्तन दिखेगा, ग्रर्थात् उसे स्तंभ के जलगत भाग का उल्टा बिंब दिखेगा ("पूर्ण ग्रांतरिक परावर्तन" के बारे में जो कुछ कहा गया है, यहाँ स्मरण करें)। इसके ऊपर ग्रवलोकक स्तंभ का ऊपरी भाग देखेगा; पर यह भाग निचले भाग से जुड़ा हुग्रा नहीं, कुछ ऊपर नजर भायेगा, मानो वह टूट कर ग्रलग हो गया है। जाहिर है कि ग्रवलोकक हमें उसी स्तंभ का भाग मानने को तैयार नहीं होगा। इसके ग्रतिरिक्त, स्तंभ का यह भाग ऊपर से दबा हुग्रा लगेगा; जैसे-जैसे ग्राप निगाह नीचे लायेंगे, स्तंभ पर बने निशान एक दूसरे के करीब ग्राते जायेंगे। बाढ़ में हूबे हुए तटवर्ती वृक्ष का पानी के भीतर से दृश्य वैसा ही होगा, जैसा चित्र 121 में दिखाया गया है।



चित्र 120. पानी का स्तर नापने वाला डंडा पानी के भीतर से कैंसा दिखता है। ग्राँख बिंदु A पर है। कोण 2 में डंडे का डूबा हुग्रा ध्रृंधला भाग दिखता है। कोण 3 में इसी भाग का बिंब दिखता है, जो पानी की भीतरी सतह पर किरणों के परावर्तन के कारण बनता है। इससे थोड़ा ऊपर डंडे का पानी से बाहर वाला भाग दिखता है; वह डंडे से टूट कर ग्रलग हो गया सा प्रतीत होता है। कोण 4 में तली परावर्तित होती है। कोण 5 शंक्वाकार नली के रूप में पानी से बाहर की दुनिया दिखाता है। कोण 6 में पानी की निचली सतह से परावर्तित होता हुग्रा नदी का तल दिखता है। कोण 1 में तल का ध्रुंधला रूप दिखता है।

यदि स्तंभ की जगह म्रादमी होता, तो वह चित्र 122 की तरह दिखता। मछिलयों को पानी में नहाते लोग इसी रूप में नजर म्राते हैं! छीछले पानी में चलते वक्त उनके लिये हम एक की बजाय दो हो जाते हैं: ऊपरी भाग बिना पैरों का होता है और निचला भाग — बिना सर का, लेकिन चार पैरों वाला! जब हम जलगत म्रवलोकक से दूर होते हैं, तो हमारे मरीर का ऊपरी भाग निचले भाग के साथ कस कर दबने लगता है, छोटा होता जाता है; एक विशेष दूरी पर धड़ बिल्कुल गायब हो जाता है,— म्रकेला सर हिलता-इलता नजर म्राता है।

इन ग्रसाघारण निष्कर्षों की सत्यता प्रत्यक्ष प्रयोग द्वारा जाँची जा सकती है या नहीं? पानी में डुबकी लगाने पर हम कुछ ग्रधिक नहीं देख पाते। यदि पानी में आँख खुला रखने का अभ्यास भी कर लें, तो अधिक लाभ नहीं होगा। पहली बात तो यह है कि उन चंद सेकेंडों में, जितनी देर तक हम साँस रोक सकते हैं, सतह पर उत्पन्न तरंगे शांत नहीं हो पातीं ग्रीर तरंगमान सतह के पार कोई चीज स्पष्ट देखना संभव नहीं होता। दूसरे, जैसा कि हम पहले समझा चके हैं, पानी का श्रपवर्तनांक श्रांख के पारदर्शक भागों के अपवर्तनांक से अधिक मिन्न नहीं होता : इसीलिये रेटीना पर बहुत ही ग्रस्पष्ट बिंब बनते हैं। परिवेश धुंघला ग्रौर कुहासा से भरा हम्रा दिखेगा (पु. 237)। गोताखोर के शिरस्त्राण या पनडब्बी की शीशा लगी खिड़की से देखने पर भी इष्ट फल प्राप्त नहीं होता। इन परिस्थितियों में, - जैसा कि पहले समझाया जा चुका है, - अवलोकक पानी के भीतर रहता है, पर "जलगत दृष्टि" नहीं प्राप्त कर सकता: उसकी भ्रांखों तक पहुँचने के पहले प्रकाश-किरणें शीशा पार करके पूनः हवा में प्रविष्ट हो जाती हैं स्रौर इसीलिये उनका विपरीत स्रपवर्तन हो जाता है। इसके कारण किरणों की दिशा पानी में प्रविष्ट होने के पहले वाली दिशा जैसी हो जाती है, या उनकी दिशा कुछ बदल जाती है। कुछ भी हो, उनकी दिशा वह नहीं रह जाती, जो पानी में थी। यहीं कारण है कि पनडुब्बियों की खिड़की से भ्राप "जलगत दृष्टि" का सही ग्रंदाजा नहीं लगा सकते।

पर पानी के नीचे से दुनिया कैसी दिखती है, यह जानने के लिये स्वयं डुबकी लगाने की कोई भ्रावश्यकता नहीं है। "जलगत दृष्टि" की परिस्थितियों का भ्रघ्ययन करने के लिये विशेष फोटोकैमरे की सहायता



िस्र 121. पानी के नीचे से आधा डूबे हुए वृक्ष का दृश्य (तुलना करें चित्र 120 से)।



चित्र 122. पानी के भीतर से देखने पर छाती भर पानी में खड़े व्यक्ति की ब्राकृति (तुलना करें चित्र 120 से)।

ली जा सकती है, जिसके भीतर पानी भरा होता है, इसमें लेंस की जगह धातु का पत्तर लगा होता है। प्रकाश पत्तर में बने रंध्र से भीतर प्रविष्ट होता है। स्पष्ट है कि यदि रंध्र श्रौर प्रकाश-संवेदी परत तक का ब्योम पानी से भरा होगा, तो वाह्य दुनिया का चिन्न वैसा ही मिलेगा, जैसा वह जलगत श्रवलोक्क को दिखेगा। श्रमरीकी भौतिकविद् प्रो. बुड ने इसी विधि से श्रत्यंत दिलचस्प फोटोचित्र प्राप्त किये, जिनमें से एक चित्र 115 में दिखाया गया है। जलगत श्रवलोकक को जलोपरी वस्तुएं बिगड़े रूप में दिखती हैं (वुड द्वारा प्राप्त फोटोचित्र में सीधे रेल-पथ मेहराब की तरह मुड़े हुए हैं), — इसका कारण भी हम तभी बता चुके हैं, जब पोखर के समतल पेंदे के श्रवतलीय रूप को समझा रहे थे (प. 241)।

जलगत अवलोकक को दुनिया कैसी दिखती है, इससे प्रत्यक्ष परिचय पाने की एक और विधि है: शांत व स्वच्छ जल वाले पोखर में दर्पण डुबा कर उसे आवश्यक झुकाव दे दीजिये और उसमें जलोपरी वस्तुओं का बिंब देखते रहिये!

इन म्रवलोकनों के परिणाम उपरोक्त सैद्धांतिक निष्कर्षों की पूर्णरूपेण पुष्टि करते हैं।

निष्कर्ष यह है कि पानी की पारदर्शक परत अपने बाहर की वस्तु श्रौर श्रांख के बीच श्राकर जलोपरी जगत का पूरा चित्र बिगाड़ देती है श्रौर उसे कल्पनातीत रूप दे देती है। यदि कोई जीव थल पर जीने के बाद जल में लौटेगा, तो उसे श्रपनी पुरानी दुनिया इतनी बदली हुई लगेगी कि वह उसे पहचान भी नहीं सकेगा।

## पानी की गहराइयों में रंग

पानी के नीचे वर्णाभ में होने वाले परिवर्तनों का सुंदर चित्र श्रमरीकी जीवविज्ञानी बीब प्रस्तुत करते हैं:

"हम प्लावर्तुल (बैथीस्फेयर) में बैठ कर पानी में उतरे। हमारी पीली सुनहरी दुनिया इतनी हरी हो जाएगी, — इसकी हमने कल्पना नहीं की थी। जब खिड़कियों के पास फेन ग्रीर बुलबुले खत्म हो गये, हमारा कक्ष हरे रंग की किरणों से प्रकाशित हो गया। हमारे चेहरे, सिलंडर ग्रीर गरी तक कि काली पड़ी दीवारे भी हरी हो गयीं; जबकि जहाज में बैठें लोगों का कहना था कि हम समुद्रपारीय नील रंग में डूब रहे हैं।

पानी में डूबते ही हमारी ग्रांखे स्पेक्ट्रम की गर्म 1 (ग्रर्थात् लाल व नारंगी) किरणों से वचित हो जाती हैं। लगता था कि लाल ग्रौर नारंगी रंग होते ही नहीं हैं। जल्द ही पीला रंग भी हरे रंग द्वारा विस्थापित हो गया । प्रसन्नतादायक गर्म किरणें स्पेक्ट्रम के दृश्य भाग में बहुत ही कम स्थान घरती हैं, फिर भी 30 मीटर या इससे ग्रधिक की गहराई पर उनके लोप हो जाने से लगता है कि दुनिया में ठंडक, ग्रंधेरा ग्रौर मृत्यु के सिवाय ग्रौर कुछ नहीं बचा है।

जैसे-जैसे हम नीचे उतरने लगे, हरी ग्राभाएं भी एक के बाद एक लुप्त होने लगीं। 60 मीटर की गहराई पर ही बताना मुश्किल हो गया कि पानी का रंग हरा-नीला है या नीला-हरा!

180 मीटर की गहराई पर चीजें चमकदार गाढ़ी नीली किरणों में सराबोर दिख रही थीं, वे इतना कम प्रकाश दे रही थीं कि कुछ पढ़- लिख सकना संभव नहीं था।

300 मीटर की गहराई पर मैंने पानी का रंग निर्घारित करने की कोशिश की; वह काला-नीला या काला-भूरा-नीला था। श्राश्चर्य है कि जब नीला प्रकाश पीछे छूट जाता है, स्पेक्ट्रम का ग्रंतिम सदस्य बैंगनी रंग सामने नहीं श्राता: शायद वह पहले ही श्रवशोषित हो चुकता है। नीले रंग की ग्राखिरी ग्राभायें भूरी में परिवर्तित हो रही हैं ग्रौर भूरी कमश: काली ग्राभाग्रों में। यहाँ सूरज हार मान लेता है ग्रौर रंग हमेशा के लिये भगा दिये जाते हैं, जबतक कि ग्रादमी यहाँ ग्रा कर विद्युत-किरणों से यहाँ की चीजों को प्रकाशित नहीं करता, जो ग्ररबों-खरबों वर्षों से परम काले रंग में डूबी हुई थीं।"

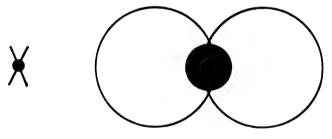
बड़ी गहराई पर अवलोकित श्रंधियाली के बारे में ये ही अनुसंधानकर्ता एक अन्य स्थान पर लिखते हैं:

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यहाँ शब्द "गर्म" उस श्रर्थ में प्रयुक्त किया गया, जिसमें रंगाभों की विशेषता बताने के लिये चित्रकार इस शब्द का प्रयोग करते हैं; वे लाल व नारंगी रंगो को "गर्म" श्राभा की संज्ञा देते हैं श्रीर नीले व श्रासमानी को "ठंडी" श्राभा की।

" 750 मीटर की गहराई पर ऐसी श्रंधियारी थी, जिसकी कल्पना नहीं की जा सकती, — फिर भी श्रव (1000 मीटर की गहराई पर) वह काली से भी श्रधिक काली थी। लगता था कि ऊपरी दुनिया में ग्राने वाली सभी रातें इस श्रंधेरेपन के सामने झुटपुटी शाम जैसी लगेंगी। इसके बाद मैं कभी किसी चीज के प्रति "काला" शब्द का प्रयोग पूरे विश्वास के साथ नहीं कर सका।" 1

### ग्रांख में ग्रंघा स्थल

यदि म्राप से कहा जायेगा कि म्रापके दृष्टि-क्षेत्र में एक ऐसा स्थल भी है, जिसे म्राप बिल्कुल नहीं देखते, यद्यपि वह ठीक म्रापकी म्रांखों के सामने है, तो म्राप निश्चेय ही इसमें विश्वास नहीं करेंगे। यह कैसे संभव है कि इतने दिन जीने के बाद भी म्राप म्रपनी दृष्टि की इतनी बड़ी तृटि नहीं देख पाये? पर यहाँ एक सरल प्रयोग दिया जा रहा है, जिससे म्राप इस बात में विश्वास कर लेंगे।



चित्र 123. रेटीना पर स्थित ग्रंधस्थल को ढूँढ़ने के लिये ग्राकृति।

चित्र 123 को दायीं म्रांख से 20 सेंटीमीटर की दूरी पर रखें (बायीं ग्रांख बंद होनी चाहिये) ग्रौर बायीं ग्रोर स्थित कट-कुट के चित्र को देखते रहें; चित्र को धीरे-धीरे ग्रांख के निकट लायें: इस क्रिया में ऐसा क्षण

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> सागर की गहराइयों में भ्रवलोकित रंगो के सविस्तार वर्णन के लिये देखें भ्रकादमीशियन शुलेइकिन की पुस्तक "सामुद्र - भौतिकी पर निबंध" विज्ञान भ्रकादमी, सोवियत संघ, 1949। – संपादक

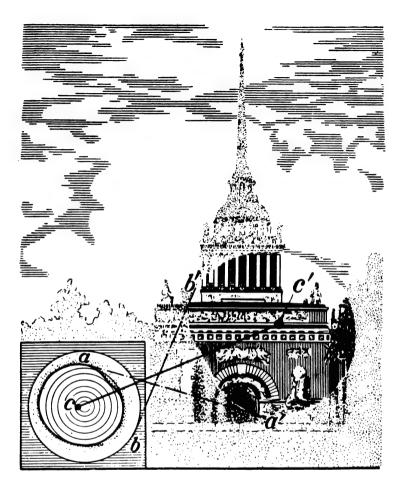
भिष्य प्राऐगा, जब दो वृत्तों की कटान पर स्थित बड़ा वाला काला धब्बा बिस्कृल गायब हो जायेगा। ग्राप उसे नहीं देखेंगे, यद्यपि वह ग्रापके दृश्य-अंत में ही रहेगा: उसके बायें ग्रौर दायें के वृत्त ग्रापको स्पष्ट दिखते रहेंगे।

यह प्रयोग पहली बार विख्यात भौतिकविद् मैरियट ने 1668 ई. में भिया था। उस समय इसका रूप कुछ दूसरा था और इससे लुदविक XIV के दरबारी अपना मनोरंजन किया करते थे। मैरियट का प्रयोग इस प्रकार था: वे दो दरबारियों को आमने-सामने दो मीटर की दूरी पर खड़ा करा के उन्हें एक आँख से पार्श्व के किसी बिंदु को देखने के लिये कहते थे, — इससे दोनों में से प्रत्येक को लगता था कि सामने वाले का सर नहीं है।

यह बहुत विचित्र बात है कि लोगों को सिर्फ XVII -वीं शती में पता चला कि ग्रांख की रेटीना पर "ग्रंध-स्थल" भी है। पहले इसके बारे में किसी ने सोचा भी नहीं था। यह रेटीना का वह स्थल है, जहाँ नेत्र-गोलक के साथ ग्रक्षि - तंत्रिका (स्नायु) जुड़ती है। यहाँ ग्राने के बाद से ही उमकी प्रकाश संवेदी शाखायें फूटती हैं।

हमें ग्रपने दृष्टि-क्षेत्र में कोई काला धब्बा नहीं दिखायी देता, क्योंकि हम इसके ग्रादी हो जाते हैं। परिवेशी दृश्य में इस धब्बे के कारण जो चीज लुप्त रहती है, उसका चित्रण हमें कल्पना-शक्ति द्वारा मिल जाता है। उदाहरण के लिये, चित्र 123 का काला धब्बा जब लुप्त हो जाता है, हम मन ही मन वृत्त की परिरेखाग्रों को बढ़ा कर उन्हें पूरा गोल बना लेते हैं ग्रीर हमें विश्वास रहता है कि हम उनके कटान-बिन्दुग्रों को स्पष्ट रूप से देख रहे हैं।

यदि म्राप चश्मा पहनते हैं, तो एक प्रयोग कर सकते हैं: शीशे पर कागज का छोटा सा टुकड़ा चिपका लें (बीच में नहीं, थोड़ा बगल में)। कागज का टुकड़ा शुरू-शुरू ही देखने में बाधा डालेगा। लेकिन एक-दो हफ्ते में म्राप उसके म्राटी हो जाऐंगे मौर म्राप उस पर कोई ध्यान नहीं देंगे। यह बात वे लोग म्रच्छी तरह से जानते होंगे, जो चनके शीशे वाला चश्मा पहनते हैं; शीशे की चनक सिर्फ शुरू के दिन तंग करती है। ठीक इसी प्रकार लंबी म्रविध की मादत के कारण हमें म्रपनी मांखों के म्रंध-स्थल दिखायी नहीं देते। इसके म्रितिरक्त, दोनों मांखों के म्रंध-स्थल दृष्टिक्षेत्र के भिन्न भागों को म्रदृश्य करते हैं, इसलिये दोनों मांखों से देखने पर उनके सिम्मिलत दृष्टि-क्षेत्र में कोरा स्थान नहीं बचता।



चित्र 124. एक ग्रांख से भवन को देखने पर हम रेटीना के ग्रंधस्थल C के कारण उसका एक नन्हा सा भाग C' देखने में बिल्कुल ग्रसमर्थ रहते हैं।

यह न सोचें कि हमारे दृष्टि-क्षेत्र में ग्रंध-स्थल का क्षेत्र बहुत ही छोटा होता है, जब ग्राप एक ग्रांख से दस मीटर दूर स्थित घर को देखते हैं, तो ग्रंध-स्थल के कारण ग्राप उसका एक बहुत बड़ा हिस्सा नहीं देख पाते। उसका व्यास करीब एक मीटर होगा; उसमें एक पूरी खिड़की ग्रा जायेगी। जय हम एक आरंख से आकाश को देखते हैं, पूर्णचंद्र की 'तक्तरी' से 120 गुना बड़ा क्षेत्र हमारे लिये अदृश्य रहता है।

# चांव कितना बड़ा प्रतीत होता है?

चांद के दृश्यमान माकार के बारे में थोड़ी बात की जाये। यदि माप प्रपने परिचितों से पूछेंगे कि चांद माप को कितना बड़ा प्रतीत होता है, तो प्रापको बिल्कुल म्रलग उत्तर सुनने को मिलेंगे। म्रिकतर लोग कहैंगे कि चांद तशतरी के बराबर है। पर ऐसे लोग भी होंगे, जिन्हें चांद सेव जितना या बेर, जामुन म्रादि जितना बड़ा लगेगा। एक स्कूली बच्चे को चांद "बारह व्यक्तियों के खाना खाने लायक गोल टेबुल जितना बड़ा लगता था"। एक लेखक का कहना था कि चांद एक गज चौड़ा लगता है।

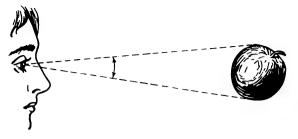
एक ही वस्तु के म्राकार पर इतना मतभेद क्यों है?

यह दूरी के मूल्यांकन पर निर्भर करता है भ्रौर यह मूल्यांकन भ्रनजाने में किया जाता है। चांद को सेव जितना देखने वाले लोग उसे कम दुरी पर स्थित मानते हैं, बनिस्बत कि उन लोगों से, जिन्हें थाली या टेबुल जितना बड़ा दिखता है।

पर म्रधिकतर लोगों को चांद तक्तरी जितना बड़ा ही लगता है। इससे एक रोचक निष्कर्ष निकलता है। यदि कलन किया जाये (कलन की विधि मांगे स्पष्ट हो जायेगी) कि इतना बड़ा दिखने के लिये चांद को कितना दूर होना चाहिये, तो ज्ञात होगा कि वह हमसे  $30\,\mathrm{m}$  से म्रधिक दूर नहीं है। मनजाने में हम चांद को कितना निकट ला देते हैं।

दूरी का गलत मूल्यांकन भ्रनेकानेक दृष्टिश्रमों का भ्राधार है। मुझे बचपन का एक दृष्टिश्रम भ्रच्छी तरह से याद है; उस समय मेरे लिये जीवन की सभी बातें नयीं थीं। मैं शहर में पला था। एक दिन बंसत ऋतु में शहर के बाहर टहलते वक्त मुझे गायों का एक झुंड दिखा। मैं दूरी का सही मूल्यांकन नहीं कर पाया, इसलिये गायें मुझे बौनी प्रतीत हुईं। इतनी नन्ही गायें मुझे फिर कभी नहीं दिखीं, श्रौर बेशक दिखेंगी भी नहीं।

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> ऐसे भ्रम के शिकार वयस्क लोग भी हो जा सकते हैं। इसका प्रमाण ग्रिगोरोविच के उपन्यास "हरवाहा" के निम्न म्रंश से मिलता है:



चित्र 125. दृष्टि-कोण।

नक्षत्रों के दृष्ट ग्राकार को खगोलशास्त्री उस कोण द्वारा निर्घारित करते हैं, जो नक्षत्र द्वारा हमारी ग्रांखो पर बनता है। "कोणिक ग्राकार" या 'दृष्टिकोण' उस कोण को कहते हैं, जो हमारी ग्रांख की ऊपरी व निचली किनारियों को मिलाने वाली सरल रेखाग्रों से बनता है (चित्र 127)। कोण, जैसा कि हमें ज्ञात है, डिग्रीं, मिनट, सेकेंड ग्रादि में व्यक्त किये जाते हैं। चांद के दृष्ट ग्राकार के बारे में पूछने पर खगोलशास्त्री यह नहीं कहेगा कि चांद तक्ष्तरी या सेव जितना बड़ा है। वह कहेगा कि उसका ग्राकार ग्राघे डिग्री के बराबर है। इसका मतलब है कि चांद की 'तक्ष्तरी' की ऊपरी व निचली किनारी को ग्रांख से मिलने वाली रेखाग्रों के बीच का कोण ग्राधे डिग्री के बराबर होता है। यह एक मात्र सही उत्तर है, जिससे कोई गलतफहमी नहीं हो सकती। ज्यामितीय नियमों के ग्रनुसार ग्रांख से ग्रापनी चौड़ाई की 57 गुनी ग्राधिक दूरी पर स्थित पिंड ग्रांख पर एक डिग्री का कोण बनाता है। उदाहरणार्थ, 5 cm व्यास वाला सेव यदि ग्रांख से

<sup>&</sup>quot;इलाका इस तरह दिख रहा था, जैसे वह हथेली पर हो; गाँव ठीक पुल के पास नजर ग्रा रहा था; घर, ठीले ग्रौर बर्च के झुरमुट भी गाँव से सटे हुए लग रहे थे। यह सब खिलौने के गाँव सा लग रहा था, जिसमें घास का टुकड़ा पेड़ को द्योतित करता है ग्रौर टूटे ग्राइने का टुकड़ा नदी को।"

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यदि ग्राप दृष्टि-कोण से संबंधित ज्यामितिक कलनों में रूचि लेने लगे हों, तो ग्रावश्यक उदाहरण ग्रौर व्याख्यायें मेरी पुस्तक "मनोरंजक ज्यामिति" में देख सकते हैं।

57 cm दूर रखा जायेगा, तो वह ग्रांख पर एक डिग्री का कोण जनागा। यदि दूरी दुगुनी कर दी जाये, तो वह ग्रांख पर  $\frac{1}{2}$ ° का कोण जनागा। यदि दूरी दुगुनी कर दी जाये, तो वह ग्रांख पर  $\frac{1}{2}$ ° का कोण जनाने लगेगा, ग्रर्थात् चांद के बराबर दिखने लगेगा। यदि चाहें तो ग्राप कर सकते हैं कि चांद ग्राप को सेव जितना बड़ा लगता है; — लेकिन सिर्फ ग्रिंग स्थित में, जब यह सेव ग्रांखों से 570 cm (करीब 6 m) की दूरी पर स्थित हो। यदि चांद को तक्तरी के बराबर देखना चाहते हैं, तो तक्तरी को करीब 30 मीटर की दूरी पर रखना होगा। बहुत से लोगों को विश्वास गर्मी होता कि चांद का दृष्ट ग्राकार इतना छोटा होता है। पर यदि ग्राप एक सिक्के को उसके व्यास से 114 गुना दूर रख कर देखेंगे, तो वह भांद को ठीक-ठीक ढक लेगा, यद्यपि वह ग्रांखों से सिर्फ दो मीटर दूर होगा।

यदि ग्राप से कागज पर चांद के बराबर का वृत्त खींचने को कहा जाये, तो समस्या ग्रापको पर्याप्त स्पष्ट रूप से पारिभाषित नहीं लगेगी: गोला छोटा भी हो सकता है, ग्रौर बड़ा भी; यह ग्रांख से उसकी दूरी पर निर्भर करता है। पर प्रश्न की शर्तें स्पष्ट हो जायेंगी, यदि यह मान लें कि कागज को ग्रांखों से उतना दूर रखना है, जितना हम किताब पढ़ते त्यत रखते हैं। साधारण स्वस्थ ग्रांखों के लिये यह दूरी 25 cm के बराबर होगी।

ग्रंब कलन करें कि वृत्त कितना बड़ा बनाना चाहिये कि उसका ग्राकार गांद के दृष्ट-ग्राकार के बराबर हो जाये। हिसाब सरल है: 25 cm की तुरी को 114 से भाग दे दीजिये। उत्तर में काफी छोटा परिमाण मिलेगा — 2 mm से थोड़ा ग्रधिक! इस पुस्तक पर छपे हुए ग्रंक "0" से भी कुछ छोटा होगा। विश्वास नहीं होता कि चांद ग्रीर सुरज दृष्ट ग्राकार के भनुसार इतने छोटे कोण पर दिखायी देते हैं।

श्रापने शायद देखा होगा कि सुरज की श्रोर देखने के बाद श्रापके वृद्धि क्षेत्र में कुछ देर तक छोटे-छोटे रंगीन वृत्त झलकते रहते हैं। इन नियाकथित "प्रकाशीय चिह्नों का कोणीय मान उतना ही होता है, जितना सुरज का। पर उनके प्रतीयमान श्राकार बदलते रहते हैं। जब श्राप श्राकाश में देखते हैं, तब उनका श्राकार सूर्य की 'तश्तरी' के बराबर लगता है भीर जब श्राप किताब के पन्ने पर देखते हैं, तो उसका श्राकार करीब 2 mm वाल वृत्त सा होता है। हमारे कलनफल की सत्यता इससे भी प्रमाणित होती है।

## नक्षत्रों के दृश्य-ग्राकार

यदि सप्तिर्ष के कोणिक मापों को सुरक्षित रखते हुए उन्हे कागज पर ग्रंकित करें, तो चित्र 126 का ग्रारेख मिलेगा। उसे ग्राँखों से इतना दूर रखा जाये कि स्पष्ट देख सकें, तो वे उसी तरह दिखेंगे, जैसे ग्राकाश में दिखते हैं। यह सप्तिर्ष का कोणिक मापों वाला मानचित्र होगा। यदि ग्रापको सप्तिर्षयों का दृश्य,— सिर्फ रूप ही नहीं, दृश्य,— याद हो तो इस चित्र को ध्यान से देखने पर मानो यथार्थ ग्राकाशीय दृश्य में खो जायेंगे। सभी तारक-झुंडों के मुख्य तारों के बीच की कोणिक दूरी जान लेने पर (ये दूरियां खगोलशास्त्र की निदर्शिकाग्रों में मिल सकती हैं) ग्राप खगोलीय मानचित्र बना ले सकते हैं। इसके लिये मिलिमीटर-वर्गों में बंटे कागज पर हर 4.5 mm की दूरी को एक डिग्री मान कर तारों को नन्हें वृत्तों के रूप में ग्रंकित कर ले सकते हैं (वृत्तों का क्षेत्रफल तारों की चमक के ग्रनुपात में ले सकते हैं)।



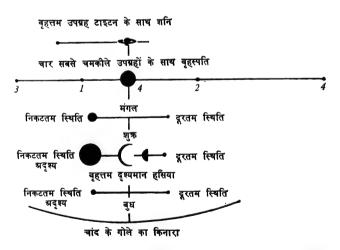
चित्र 126. सप्तर्षियों के बीच की कोणिक दूरियां वास्तविक हैं; चित्र को ग्रांख से 25cm की दूरी पर रख कर देखें।

ग्रब ग्रहों पर एक निगाह डालें। उनके दृश्य-ग्राकार तारों की तरह ही इतने नन्हे हैं कि वे प्रकाश-बिंदुग्रों जैसे दिखते हैं। इसका कारण समझना किंठन नहीं है, क्योंकि कोई भी ग्रह (ग्रिधिकतम चमक के काल में शुक्र को छोड़ कर) ग्राँखों पर एक मिनट से ग्रिधिक का कोण नहीं बनाता। यह वह सीमा है, जहाँ वस्तु की लंबाई, चौड़ाई ग्रादि विमायें लुप्त हो जाती हैं। इससे कम कोणिक मान वाली वस्तु ग्राकारहीन बिंदु प्रतीत होती है।

निम्न तालिका में भिन्न ग्रहों के कोणिक मान (सेकेंडों में) दिये जा रहे हैं। हर ग्रह के सामने दो संख्यायें हैं; पहली संख्या ग्रह की निकटतम पूरी के वक्त उसका कोणिक भ्राकार बताती है भ्रौर दूसरी – भ्रधिकतम पूरी के वक्त :

|        |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  | सेकेंड    |
|--------|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|
| बुध    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  | 13—5      |
| शुक    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  | 64—10     |
| मंगल   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  | 25— $3.5$ |
| वृहस्प | ति |    |  |  |  |  |  |  |  |  | 50-31     |
| शनि    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  | 20—15     |
| शनि-   | वल | ाय |  |  |  |  |  |  |  |  | 4835      |

ऐसे कोणिक मानों को "वास्तविक पैमाने" पर चित्रित करना ग्रसंभव है: पूरा एक मिनट ग्रर्थात 60 सेकेंड के बराबर का कोणिक मान स्पष्ट दृष्टि की दूरी पर सिर्फ 0.04 mm के बराबर होगा। इस ग्राकार की वस्तु को ग्राँखों से नहीं देखा जा सकता। इसीलिये इन ग्रहों को इतने बड़े ग्राकार



िस्य 127. यदि इस चित्र को ग्राँखों से 25cm की दूरी पर रखी जाये, तो उसमें ग्रहों की ग्राकृतियां ठीक उतनी बड़ी लगेंगी, जितनी बड़ी वे ग्राकाश में सौगुनी वर्धनशीलता वाली दूरबीन से दिखती हैं।

दें, जितने बड़े ये श्राकार को सौ गुना बढ़ाने वाले दूरबीन में लगते हैं। चित्र 127 में ग्रहों के दृश्य-ग्राकार इतना बढ़ा कर दिखाये गये हैं।

नीचे का मेहराब सौगुना विशालक दूरिबन में चांद (या सूर्य) की किनारी को दिखाता है। इसके ऊपर पृथ्वी से निकटतम ग्रौर ग्रिधिकतम दूरियों पर स्थित बुध का ग्राकार दिखाया गया है। इसके ऊपर शुक्र की भिन्न कलायें दिखायीं गयीं हैं। पृथ्वी से निकटतम दूरी पर वह बिल्कुल नहीं दिखायी देता क्योंकि उसका ग्राधा भाग ग्रंधेरे मे होता है। इसके बाद उसका संकीण हैंसिया दिखता है। इस स्थिति में शुक्र सभी ग्रहों से बड़ा होता है। इसके बाद की कलाग्रों में वह छोटा होने लगता है। जब वह पूरा गोल दिखने लगता है, हैंसिये की नुलना में उसका व्यास छे गुना कम होता है।

शुक्र से ऊपर मंगल दिखाया गया है। जब वह पृथ्वी से निकटतम दूरी पर होता है, उसका ग्राकार बायीं ग्रोर वाले वृत्त जितना बड़ा दिखता है। इस नन्हें से वृत्त में ग्राप क्या देख सकते हैं? कल्पना द्वारा ग्राप इस वृत्त को दस गुना बढ़ा दीजिये, — ग्रापको ग्रंदाज मिल जायेगा कि हजार गुना बड़ा दिखाने वाले दूरबीन से खगोलशास्त्री क्या देखते होंगे। क्या इस नन्हे से प्रकाश-धब्बे में "नहर" जैसी चीज दिख सकती है, जिनके बारे में इतना शोर था? या यह देखा जा सकता है कि उसका रंग-परिवर्तन उसके सागरों के वनस्पति-जगत के साथ संबंध रखता है? ऐसे ग्रवलोकन के ग्राधार पर कोई भी कुछ दावे के साथ नहीं कह सकता। इसीलिये तो मंगल के प्रेक्षकों के बीच इतना मतभेद है; सभी ग्रलग-ग्रलग बातें कहते हैं ग्रौर एक दूसरे की बातों को भ्रम कह कर काटते रहते हैं।...²

¹ इस स्थिति में वह सिर्फ तब दिखता है, जब वह नन्हे से वृत्त के रूप में सूर्य-मंडल पर प्रक्षिप्त होता है। पर ऐसी स्थिति विरले ही मिलती है। ² पिछले समय से ग्रहों का अध्ययन-कार्य ग्रंतर्ग्रही स्वचालित केंद्रों (सैंटेलाइट) की सहायता से किया जा रहा है। ये सिर्फ दृश्य-साधनों का ही उपयोग नहीं करते। इनसे ग्रहों के बारे में ग्रनेक रोचक सूचनायें मिलती हैं; इनमें से एक यह भी है कि मंगल पर न तो कोई नहरें हैं, न कोई सागर ही। जिज्ञासु पाठकों को निम्न पुस्तक का नाम बताया जा सकता है: पे.इ. बाकूनिन, ए.वे.कोनोविच, वे.इ. मोरोज, "सामान्य खगोलशास्त्र", 1974। — संपादक

विणाल वृहस्पति को हमारी तालिका में महत्त्वपूर्ण स्थान प्राप्त है: उसका गोला गुक्र के बाद सबसे बड़ा है ग्रीर उसके चार मुख्य सहयाती (उपग्रह) रेखा-खंड पर स्थित हैं, वह चांद के व्यास से ग्राधा है। चित्र में वृहस्पति विगा दिख रहा है, जैसा वह पृथ्वी से निकटतम दूरी पर दिखता है (सौगुना वर्धक-क्षमता वाली दूरबीन में)। इसके बाद ग्रपने वलय ग्रीर ग्रपने वृहत्तम जिपग्रह (टाइटन) के साथ शनि ग्रह दिखाया गया है। हमसे निकटतम नृरी पर वह भी काफी बड़ा दिखता है।

उपरोक्त बातों से यह समझ में ग्रा जाता है कि किसी दृश्यमान पिंड को हम जितना ही निकट मानते हैं, उसका ग्राकार उतना ही छोटा लगता है। ग्रीर इसका विलोम: यदि किसी कारणवश हम किसी पिंड को ग्रधिक पूर मानने लगते हैं, तो हमारे ग्रंदाज में उसका वास्तविक ग्राकार बड़ा हो जाता है।

श्रगले पृष्ठों पर हम एडगर पो की एक कहानी उद्धृत कर रहे हैं, जिसमें एक ऐसे ही दृष्टि-भ्रम का वर्णन किया गया है। कहानी सत्य सी गहीं प्रतीत होती, पर वह सच है। मैं स्वयं एक बार ऐसे भ्रम में पड़ गया था श्रौर ऐसी घटनायें संभवतः सभी पाठकों के साथ घटी होंगी।

# "स्फिक्स" (एडगर पो की कहानी, संक्षेप में)

"न्यूयोर्क में हैजे का राज्य था। इन दिनों मेरे एक रिश्तेदार ने मुझे णहर के बाहर स्थित अपने बंगले में रहने के लिये दो हफ्तों का निमंत्रण दिया। वहाँ दिन बुरे नहीं कटते, पर हर दिन शहर से दुखद सामाचार मिल रहे थे। कोई भी दिन ऐसा नहीं बीतता था, जब किसी परिचित की गृत्यु का सामाचार न मिले। यहाँ तक कि अखबार देख कर भी डर लगता था। दक्षिण से बहने वाली हवा मृत्युरंजित लगती थी। मनहूस विचार मेरे गन को निरंतर आलोड़ित कर रहे थे। पर मेरे मेजबान शांत प्रकृति के व्यक्ति थे और यथासंभव मुझे शांत्वना देते रहते थे।

गर्मी का दिन श्रंधकार में डूब रहा था श्रौर मैं खुली खिड़की के पास किताब लिये बैठा हुआ था। सामने नदी के पार ऊँचे टीलों का दृश्य दिख गता था। मन पुस्तक से उचट कर संकटग्रस्त शहर पर छायी निराशा के साथ उलझा हुआ था। श्रचानक मेरी निगाह टीले की नंगी ढलान पर

चली गयी... वहाँ एक विचिन्न दृश्य था! टीले से एक भयानक जंतु नीचे उतर रहा था। नीचे उतर कर वह तराई के घने जंगलों में छिप गया। पहले तो मुझे लगा कि मैं पागल हो गया हूँ, या मेरी श्रांखें घोखा दे रही हैं। पर चंद मिनटों बाद मुझे विश्वास हो गया कि दृश्य सत्य है। यदि मैं इस जंतु का वर्णन करूं, तो श्रापके लिये, प्रिय पाठक, इस पर विश्वास कर पाना किटन होगा। पर मैं उसे बिल्कुल साफ-साफ देख रहा था श्रौर तबतक देखता रहा, जबतक कि वह उतरने के बाद जंगल में छिप नहीं गया।

विशाल पेड़ों के तनों के साथ उसके ब्राकार की तुलना करके मैंने देखा कि वह किसी युद्ध-पोत से कम नहीं है। मैं युद्ध-पोत का नाम ले रहा हूँ, क्योंकि उसका रूप जहाज की तरह ही था: चौहत्तर तोपों वाला जहाज श्रापको उस जंतु के रूप श्रीर श्राकार का सही ग्रंदाजा देता। जंतु का मुँह उसकी सुँड़ के छोर पर था और सुड़ करीब साठ या सत्तर फीट लंबी थी। उसकी मुटाई हाथी के घड़ जितनी थी। सुँड के आधार के पास घने और खड़े बाल थे। उनके बीच दो लंबे गजदंत लगे हुए थे। वे थोड़ा नीचे झुक कर पार्श्व की स्रोर मुड़े हुए थे। ऐसे दाँत बनैले सूझर के होते हैं; पर ये बहत बड़े थे। सुँड के दोनों तरफ ऊपर तीस या चालीस फीट लंबे सींग लगे हए थे, जो शायद स्फटिक के थे; धुप में वे ऐसे ही चमक रहे थे। धड़ का स्राकार उल्टेखँटे की तरह था। उसमें एक के ऊपर एक चढ़े दो जोड़े डैने लगे थे, जिनमें से प्रत्येक की लंबाई करीब 300 फीट थी। डैनों पर पंखियों की जगह घने धातुई पत्तर लगे थे; इनमें से प्रत्येक का व्यास करीब दस-बारह फीट लंबा था। इस विचित्न जंतू की मुख्य विशेषता उसकी शक्ल थी, जिसकी तूलना सिर्फ मत्य के देव के साथ की जा सकती थी। वह उसकी छाती तक जगह घेरे थी ग्रौर सफेद होने के नाते उसके काले शरीर पर स्पष्ट दष्टिगोचर हो रही थी। जब मैं डर से काँपता हम्रा इस भयानक सुष्टि को देख रहा था, विशेष कर उसकी मौत जैसी शक्ल को, उसने स्रचानक मुँह खोल कर चित्कार की स्रावाज की... यह मेरे लिये ग्रसह्य था ग्रीर जब वह ग्रांखों से ग्रोझल हम्रा, मैं फर्श पर गिर कर बेहोश हो गया...

होश में ब्राने पर मेरी पहली इच्छा थी क्रपने मित्र को सारी बात बताने की। म्रंत तक सुन चुकने के बाद पहले तो वह जोर-जोर से हँसने लगा, फिर तुरत गंभीर हो गया, मानों मेरे पागल होने में उसे कोई संदेह गरह गया हो।

इसी क्षण मुझे फिर से वह जंतु दिखायी दे गया। मैं चीख-चीख कर गित्र को बताने की कोशिश करने लगा कि वह कहाँ है, पर वह कसम खा रहा था कि वहाँ कुछ भी नहीं है।

मैं चेहरे को हाथों से छिपा कर बैठ गया। जब ग्राँखें फिर से खोली, यो जंतु गायब था।

मित्र देर तक उसके रूप-श्राकार श्रादि के बारे में पूछ-तलब करते रहा। जब मैं विस्तारपूर्वक सबकुछ बता चुका, तो उन्होंने संतोष की साँस ली, मानों सर से कोई भारी बोझ उतर गया हो; वह किताबों की श्रालमारी के पास गया श्रौर वहाँ से प्राकृतिक इतिहास की एक पाठ्य-पुस्तक निकाली। उसने मुझसे जगह बदलने का श्रनुरोध किया, क्योंकि खिड़की के पास किताब के महीन श्रक्षरों को देखने में श्रासानी होती। वह कुर्सी पर बैठ कर कहने लगा:

यदि आप ने उस जीव का इतना सही वर्णन न किया होता, तो मैं कभी नहीं समझा सकता कि यह क्या था। पहले मैं आपसे इस पुस्तक के एक अंश को पढ़ कर सुनाने की अनुमति मांगूंगा; इसमें Insecta या गलभ श्रेणी के Lepidoptera (शल्कपंखी या चोंइयेदार पंख वाले) गण के Crepusculariae (सांध्यचर) परिवार की तितली Sphinx के बारे में लिखा गया है।

"एक के ऊपर एक चढ़े डैनों के दो जोड़े होते हैं, जो धातुई चमक वाले शल्क (चोंइयों) से ढके होते हैं; मुँह निचले जबड़े के लंबे होने से काफी नीचे दिखता है; पार्श्व में लंबे लोमदार स्पर्शेंद्रिय हैं; निचले और ऊपरी डैने मजबूत बालों से जुड़े होते हैं; मूछें प्रिज्मीय छड़ियों की तरह हैं; पेट नुकील। होता है। अपनी चित्कार जैसी आवाज और पेट पर स्थित खोपड़ी जैसे सफेंद चिह्न के कारण स्फिक्स 'मृत सर' सर्व-साधारण में अंधविश्वास का डर उत्पन्न करता है।

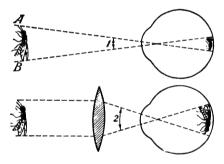
<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> ग्रब इस तितली को Acherontia परिवार का माना जाता है। इसकी गणना उन चंद तितलियों में होती है, जो ध्वनि पैदा कर सकती हैं। इनकी ग्रावाज चुहे की चीं-चीं की याद दिलाती है। इसके ग्रतिरिक्त, यह एकमान्न

यहाँ उसने किताब बंद की श्रौर खिड़की पर उसी तरह झुक कर कुछ देखने लगा, जैसे मैं जंतू को देखते वक्त झुका हुग्रा था।

-यह रहा वह! - चीख कर उसने कहा, - वह टीले पर चढ़ रहा है भीर काफी विलक्षण लग रहा है। लेकिन वह इतना बड़ा श्रीर इतना दूर नहीं है, जितना आपने सोचा था, क्योंकि हमारी खिड़की से लगे किसी मकड़े के धागे के सहारे चढ़ा रहा है! "

# सूक्ष्मदर्शी से बड़ा क्यों दिखता है?

"क्योंकि वह भौतिकी के पाठ्य-पुस्तकों में वर्णित तरीके से किरणों का पथ परिवर्तित कर देता है", —यह उत्तर है, जो अक्सर सुनने में आता है। पर ऐसे उत्तर में कारण निर्दिष्ट नहीं किया गया है; मुख्य बात को ही छोड़ दिया गया है। सूक्ष्मदर्शी या दूरदर्शी की विशालक किया के पीछे आखिर कारण क्या है?



चित्र 128. विशालक शीशा बिंब को रेटीना पर संवर्धित करता है।

मुझे इस कारण का ज्ञान बिना किसी पाठ्य-पुस्तक के ही हो गया था। जब मैं स्कूल में पढ़ता था, तब की एक घटना है। मैं बंद खिड़की

तितली है, जो मुँह से म्रावाज निकालती है। म्रावाज काफी प्रबल होती है म्रौर कुछेक मीटर दूर तक सुनायी दे सकती है। दी गयी परिस्थितियों में प्रेक्षक को उसकी म्रावाज बहुत जोरदार लगी होगी, क्योंकि प्रेक्षक उसके बहुत दूर होने की कल्पना कर रहा था। (दे. "मनोरंजक भौतिकी", भाग 1, म्राध्याय 10)

के पास बैठा हुम्रा सामने का मकान देख रहा था। ग्रचानक मैं डर कर पीछे हट गया: इंट की दीवार से मुझे ग्रादमी का एक बहुत बड़ा ग्रांख देख रहा था; उसकी चौड़ाई कुछेक मीटर की रही होगी। उस समय मैंने एडगर पो की कहानी नहीं पढ़ी थी, इसीलिये मैं समझ नहीं पाया कि यह मेरी ही ग्रांख का प्रतिबिंब है, जिसे मैं ग्रनजाने में सामने की दीवार पर प्रक्षिप्त कर रहा था।

कारण समझने के बाद मैं सोचने लगा कि क्या इस दृष्टि-भ्रम के आधार पर काम करने वाला एक सूक्ष्मदर्शी नहीं बनाया जा सकता? और जब मेरे सारे प्रयत्न श्रसफल हो गये, तब मैं समझा कि सूक्ष्मदर्शी के विशालक गुण का कारण क्या है। कारण यह नहीं है कि वस्तु ग्रपने आकार से बड़ी प्रतीत होती है, बल्कि यह है कि वह हमारी आंखों पर वस्तु द्वारा बड़ा कोण बनवाता है और इसलिये – यह अधिक महत्वपूर्ण है, – उसका बिंब हमारी श्रांख की रेटीना पर अधिक स्थान छेंकता है।

यहाँ दृष्टि-कोण का इतना महत्व क्यों है, यह समझने के लिये हमें आँख की एक विशेषता पर ध्यान देना चाहिये: आँख पर एक मिनट से कम कोण बनाने वाली वस्तु साधारण स्वस्य आँखों को एक बिंदु सी लगती है, जिसमें न तो उसका कोई भाग दिखायी देता है, न उसका रूप ही। जब वस्तु आँख से इतनी दूर होती है या अपने आप में इतनी छोटी होती है कि वह (या उसके भाग) आँख पर एक मिनट से कम का कोण बनाती है, तो हम उसकी बनावट को स्पष्ट रूप से नहीं देख पाते। इसका कारण यह है कि दृष्टि-कोण के इतने छोटे होने के कारण उसका बिंब रेटीना पर कई नहीं सिर्फ एक दृष्टि-कोशिका को ढकता है। इस स्थिति में वस्तु की बनावट, उसका रूप आदि नहीं दिखता, हमें सिर्फ एक बिंदु दिखायी देता है।

सूक्ष्मदर्शी और दूरदर्शी की भूमिका यही है कि वे वस्तु से निकलती किरणों के पथ को विचलित कर के उसे बड़े दृष्टि-कोण पर दिखाते हैं; रेटीना पर बिंब बड़ा हो जाता है और अधिक दृष्टि-कोशिकाओं के साथ किया करता है। फल यह होता है कि हम बिंब के भिन्न अवयवों को स्पष्ट रूप से देखने लगते हैं। "सूक्ष्मदर्शी या दूरदर्शी की विशालक शक्ति 100 है"—इसका मतलब है कि वह वस्तु को 100 गुने बड़े कोण पर दिखाता है, बिनस्बत कि उस कोण के, जो वस्तु हमारी नंगी आँखों पर बनाती है। यदि उपकरण दृष्टि-कोण नहीं बढ़ाता, तो उससे वस्तु का आकार बड़ा

नहीं दिखता, यद्यपि हमें प्रतीत हो सकता है कि वह बड़ी दिख रही है। इंट की दीवार पर ग्राँख मुझे काफी बड़ी दिख रही थी (या लग रही थी), पर मुझे उसका कोई नया ग्रतिरिक्त विवरण नहीं दिख रहा था। दर्पण में भी उतनी ही बड़ी दिखती (पर बड़ी नहीं लगती) ग्रौर कोई नया विवरण नहीं दिखता।

क्षितिज के पास चांद बड़ा लगता है, बिनस्बत कि जब वह सर के ठीक ऊपर होता है। पर क्या उसके बड़े दिखने से हम उसमें कोई ग्रतिरिक्त विवरण देख पाते हैं?

यदि एडगर पो की कहानी को फिर से याद करें, तो इसमें भी लेखक को "स्फिंक्स" की बनावट में कोई नया विवरण नहीं दिखा था। तितली द्वारा हमारी आँखों पर बनते कोण की मात्रा इस बात पर निर्भर नहीं करती कि हम तितली की तुलना खिड़की के फ्रेम के साथ करते हैं या दूरस्थ टीले के दृश्य के साथ करते हैं (टीले पर तितली को प्रक्षिप्त करते हैं)। और यदि दृष्टि-कोण में कोई परिवर्तन नहीं होता, तो हम चाहे कितना भी उसके बड़े दिखने वाले आकार से चिकत क्यों न हों, हमें उसके वर्धन से उसकी बनावट में कोई प्रतिरिक्त विवरण दिखायी नहीं देगा। सच्चे कलाकार होने के नाते एडगर पो ने अपने वर्णन में एक भी ऐसी बात नहीं जोड़ी, जो तितली में नंगी आँखों से नहीं दिखी होती। दोनों वर्णनों की तुलना करें, – वे कहानी में यूँ ही नहीं घुसेड़े गये हैं, – और आप देखेंगे कि उनमें सिर्फ शब्दों का अंतर है (दस फीट ब्यास दाले पत्तर – चोंइया, विशाल सींगे – मूँछें; गजदंत – स्पर्शे द्विय, आदि), बनावट का नहीं।

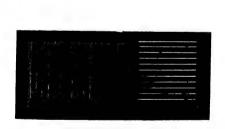
यदि सुक्ष्मदर्शी सिर्फ इसी तरह से ब्राकार बड़ा करता, तो वह सिर्फ एक रोचक खिलौना होता; वैज्ञानिकों के लिये उसकी कोई उपयोगिता नहीं रह जाती। पर हम जानते हैं कि सुक्ष्मदर्शी ने मनुष्य की दृष्टि-सीमा बढ़ा कर उसके सामने एक नयी दुनिया खोली है:

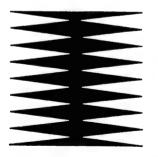
प्रकृति ने हमें तेज दृष्टि दी, पर सीमा उसकी श्रित संकुचित की। गर श्रनेक जीव उसकी पहुँच के बाहर, नन्हे ग्राकार में छिपते जो जाकर! – यह हमारे प्रथम प्रकृति-साधक लोमोनोसोव ने "शीशे के लाभ पर पत्र" में लिखा था।

ग्रव हम स्पष्टतः समझ सकते हैं कि सुक्ष्मदर्शी ही क्यों उस "रहस्य" का उद्घाटन करता है, जिसे एडगर पो की कहानी का प्रेक्षक ग्रपनी विशाल जितली में नहीं देख सकाः क्योंकि सुक्ष्मदर्शी सिर्फ ग्राकार ही नहीं बड़ा करता, वह वस्तुग्रों को बड़े दृष्टि-कोण पर दिखाता है, जिसके कारण रिटीना पर वस्तु का ग्राधिक बड़ा बिंब बनता है। यह बिंब रेटीना पर कहीं प्रधिक दृष्टि-कोशिकाग्रों के साथ किया करता है ग्रीर ग्रधिक संख्या में दृष्य-संवेदनाग्रों को जन्म देता है। यदि संक्षेप में कहें, तो सुक्ष्मदर्शी वस्तु को नहीं, रेटीना पर उसके बिंब को बड़ा करता है।

# चाक्षुष म्रात्मवंचनायें

हम ग्रक्सर "दृष्टि-भ्रम", "श्रव्य-भ्रम" ग्रादि की बात करते हैं, पर ये नाम गलत हैं। **ऐंद्रिय** भ्रम नहीं होता। दार्शनिक कांट ने इसके बारे में विल्कुल ही ठीक कहा है: "इंद्रिय हमें धोखा नहीं देते,—इसलिये नहीं कि वे हमेशा सही मूल्यांकन करते हैं, बिल्क इसलिये कि वे मूल्यांकन करते ही नहीं हैं।"





िक्त 129. **कौनसी श्राकृति श्रधिक चौ**ड़ी चित्र 130. **इस श्राकृति में क्या** .) -बायों या **दायों? ग्रधिक है – ऊं**चाई या चौड़ाई?

फिर तथाकथित दृष्टि-भ्रम में कौन हमें भ्रमित करता है? वही, जो मूल्याकन करता है, <mark>प्रर्थात् मस्तिष्क। ग्रधिकांश दृष्टि-भ्रम</mark> सचमुच ही सिर्फ इस बात पर निर्भर करते हैं कि हम सिर्फ देखते ही नहीं, ग्रनजाने में दृश्यसंवेदनाग्रों का मूल्यांकन भी करते जाते हैं ग्रौर ग्रक्सर स्वयं को भ्रम में डाल लिया करते हैं। ये तकं जनित भ्रम हैं, इंद्रिय जनित नहीं।

कोई दो हजार वर्ष पूर्व लुकेशियस ने लिखा था:

"ग्रांखें वस्तुम्रों की प्रकृति का ज्ञान नहीं देतीं, इसलिये उन्हें बुद्धि-भ्रम के लिये दोषी मत ठहराम्रो।"

प्रकाशिकीय भ्रम का एक सर्वविदित उदाहरण लेते हैं: चित्र 129 में बायीं आकृति दायीं से सँकरी लगती है, यद्यपि दोनों ही बिल्कुल समान वर्गों में सीमित हैं। कारण यह है कि आकृति की ऊँचाई का मूल्यांकन करते वक्त हम अनजाने में रेखाओं के बीच की दूरियां जोड़ने लगते हैं और इसीलिये उसकी चौड़ाई कम प्रतीत होती है। इसके विपरीत, दायीं आकृति में उसी अचेत मूल्यांकन के कारण चौड़ाई ऊँचाई से अधिक लगती है। इन्हीं कारणों से चित्र 130 की आकृति में ऊँचाई उसकी चौड़ाई से अधिक प्रतीत होती है।

### दर्जियों के लिये लाभदायक भ्रम

यदि उपरोक्त दृष्टि-भ्रम को बड़ी भ्राकृतियों के लिये लागू करेंगे, जिन्हें भ्रांखें एक बारगी से पूरी तरह नहीं देख पातीं, तो वह भ्रम नहीं होगा। सभी जानते हैं कि छोटे कद का मोटा भ्रादमी क्षेतिज धारियों वाले कोट में दुबले-पतले नहीं, भ्रौर मोटे ही प्रतीत होते हैं। इसके विपरीत, उदग्र धारियों वाली पोशाक में वे भ्रपनी मुटाई कुछ हद तक छिपा ले सकते हैं।

इस विरोधाभास का क्या कारण है? यही कि ऐसे कोट-पैंट को देखते वक्त हमारी ग्रांखें उन्हें एक-बारगी से पूरी तरह ग्रपने दृष्टि-क्षेत्र में नहीं ले पातीं। हमारी दृष्टि जाने ग्रनजाने धारियों के सहारे रेंगने लगती हैं। चक्षु-पेंशियों का ग्रतिरिक्त प्रयत्न हमें ग्रनजाने में वस्तु का ग्राकार धारी की दिशा में बढ़ाने को विवश कर देता है। चक्षु-पेंशियों के प्रयत्न का संबंध हम वस्तुग्रों के बड़े ग्राकार के साथ जोड़ने के ग्रादी हो गये हैं (जब वे हमारे दृष्टि-क्षेत्र में नहीं ग्रंटतीं)। पर नन्ही धारीदार ग्राकृतियों को देखते वक्त ग्रांखें स्थिर रहती हैं ग्रीर उन्हें थकान नहीं होती।

## क्या बड़ा है?

चित्र 131 में कौन सा दीर्घवत्त बड़ा है: भीचे वाला या ऊपर का ग्रंदरूनी ? इस विचार रो छटकारा पाना कठिन है कि नीचे वाला अपरी से बड़ा है। पर दोनों बराबर हैं। सीर्फ ऊपरी वाह्य **दीर्घवृ**त्त यह भ्रम उत्पन्न भरता है कि उसके भीतर की ब्राकृति निचले दीर्घवत्त से छोटी है।



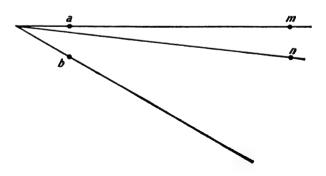
भ्रम श्रधिक शक्ति रखता है, क्योंकि चित्र चित्र 131. की पूर्ण आकृति समतली नहीं, बाल्टी की तरह थ्यौम प्रतीत होती है: जाने-अनजाने दीर्घवत्त परिप्रेक्ष्य के कारण दबे वत्त से प्रतीत होते हैं भौर भ्राड़ी रेखायें बाल्टी की दीवार सी प्रतीत होती हैं।

कौन दीर्घवत्त बडा है - निचला या ऊपर भीतर वाला?

चित्र 132 में a श्रौर b बिंदुश्रों के बीच की दूरी m श्रौर n की दूरी से अधिक प्रतीत होती है। बीच वाली रेखा कोण के शीर्ष से निकल कर भ्रम को भ्रौर बढा देती है।

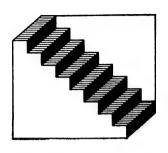
#### कल्पना की शक्ति

जैसा कि ऊपर कहा जा चुका है, ग्रधिकांश दृष्टि भ्रमों का कारण यह है कि हम सिर्फ देखते ही नहीं हैं. श्रनजाने में उसके बारे में सोचते भी

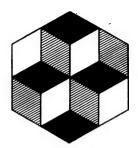


निस्न 132. कौनसी दूरी श्रधिक है - ab या mn?

जाते हैं। "हम ग्रांखों से नहीं, मस्तिष्क से देखते हैं," – शरीरिक्रियाविज्ञानियों का कहना है। ग्राप भी इस बात से सहमत हो जायेंगे, जब ऐसे भ्रमों से परिचित होंगे, जिनमें कल्पना देखने की क्रिया में सचेत रूप से भाग लेती है।



चित्र 133 क्या देख रहे हैं भ्राप यहां – सीढ़ियां , ताखे या "हार्मों-नियम" (या ताड़ के पंखे की तरह मोड़ी गयी कागज की पट्टी)?



चित्र 134. घनों की स्थिति बतायें। नीचे दो घन हैं या ऊपर?



चित्र 135. क्या ग्रधिक लंबा है - AB या AC ?

िवल 133 को देखें। यदि स्राप यह चित्र दूसरों को दिखा कर पूछेंगे कि यह क्या है, तो स्रापको शायद तीन प्रकार के उत्तर मिलेंगे। कुछ लोग कलेंगे कि यह सीढ़ी है, कुछ कहेंगे कि यह दीवार में बनी स्रलमारी है और कुछ लोग कहेंगे कि यह हारमोनियम जैसा मोड़ा गया कागज का पट्टा है और सफेद वर्ग पर तिरछा रखा हुस्रा है।

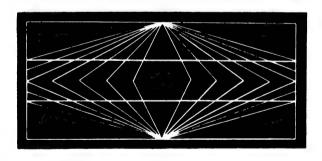
बात विचिन्न लगेगी, पर तीनों ही उत्तर सही हैं! ग्राप स्वयं तीनों निर्मा देख सकते हैं; यह निर्भर करता है कि ग्राप चिन्न पर किस ग्रोर निगाह डालते हैं। यदि बायें भाग को देखेंगे, तो सीढ़ी नजर ग्रायेगी। यदि निगाह दायें से बायें फिसल रही है, तो ग्रापको ग्रालमारी दिखेगी। गीन के दायें कोने से ऊपर के बायें कोने की ग्रोर कर्ण के सहारे दृष्टि फिरा कर ग्राप हारमोनियम सा मुड़ा कागज देखेंगे।

यदि म्राप चित्न पर टकटकी लगा कर देर तक देखेंगे, तो म्रापकी भांखे थक जायेंगी भ्रौर भ्रापकी इच्छा के विरुद्ध बारी-बारी से तीनों ही यस्तुएं दिखने लगेंगी।

चित्र 134 में भी ये ही विशेषताएं हैं।

चित्र 135 का भ्रम भी दिलचस्प है: नहीं चाहते हुए भी हमें लगता है कि दूरी AC बड़ी है दूरी AB से।

# चंद ग्रौर वृष्टि-भ्रम



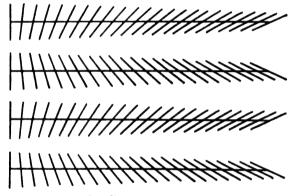
ात्र 136. बायें से दायें जाती हुई दो रेखायें समांतर एवं सरल हैं, पर ये बीच से एक दूसरी की स्रोर झुकी सी लगती हैं। भ्रम नष्ट हो जाता है:

1) यदि स्राकृति को स्रांख की ऊँचाई पर रख कर इस प्रकार देखा जाये कि जिगाहें रेखास्रों के स्रनुतीर फिसलती रहें; 2) यदि स्राकृति के किसी बिंदु पर पेंसिल की नोक रख कर उसे ध्यान से एक टक देखा जाये।

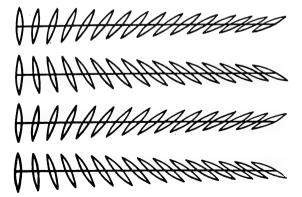
सभी भ्रमों का कारण बता सकना किठन है। ग्रक्सर यह बताना भी मुश्किल होता है कि मस्तिष्क में किस प्रकार के तर्क चल रहे हैं ग्रौर भ्रम किस बात का है। चित्र 136 में साफ-साफ दो चाप दिख रहे हैं, जो बीच में एक दूसरे की ग्रोर झुके प्रतीत हो रहे हैं। पर सीधी पटरी उनके पास रिखये या चित्र को ग्रांख की ऊँचाई पर रख कर उन पर दृष्टि फिराइये, ग्रापको विश्वास हो जायेगा कि वे सरल रेखायें ही हैं।



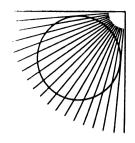
चित्र 137. सरल रेखा के छे भाग समान हैं या ग्रसमान?



चित्र 138. समांतर सरल रेखायें ग्रसमांतर प्रतीत होती हैं।



चित्र 139. पिछले चित्र के भ्रम का एक ग्रन्य हुए।





चित्र 140. **क्या यह वृत्त** है?

चित्र 141. "चुरूट" का भ्रम। दायीं लकीरें बायीं लकीरों से छोटी प्रतीत होती हैं, पर दरग्रसल वे बराबर हैं।

इसी तरह के चंद और भ्रम हैं। चित्र 137 में सरल रेखा म्रसमान टुकड़ों में बँटी लगती हैं, पर नापने से ज्ञात होता है कि वे समान हैं। चित्र 138 और 139 में समांतर रेखायें म्रसमांतर प्रतीत होती हैं। चित्र 140 में वृत्त ग्रंडे की तरह लगता है। उल्लेखनीय है कि विद्युत-चिनगारी के प्रकाश में देखने पर चित्र 137, 138, 139 के भ्रम लुप्त हो जाते हैं। स्पष्ट है कि इन भ्रमों का संबंध निगाह फिराने के साथ है: चिनगारी के क्षणिक प्रकाश के दरम्यान ग्रांखें इधर-उधर घुमने में सफल नहीं हो पातीं।

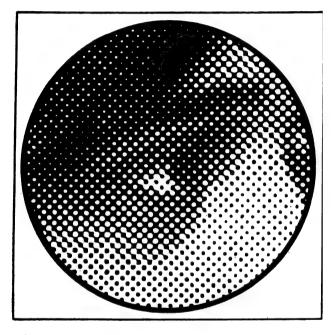
चित्र 141 का भ्रम भी कम दिलचस्प नहीं हैं: कौन सी लकीरें लंबी हैं, — बायीं ग्रोर की या दायीं ग्रोर की? बायीं ग्रोर वाली लंबी लगती हैं, यद्यपि सभी बराबर हैं।  $^1$  इसका नाम "चुरूट का भ्रम" रखा गया है।

इन दिलचस्प भ्रमों के कई कारण प्रस्तावित किये गये हैं, पर किसी को भी बिल्कुल सही नहीं कहा जा सकता; इसीलिये वे यहाँ प्रस्तुत नहीं किये जा रहे हैं। शायद सिर्फ एक बात संदेह से परे है: ये भ्रम अवचेतना की 'बुद्धिमत्तता' की उपज हैं; उसके अंधे तर्क वास्तविकता को जैसी है, वैसी देखने में बाधक होते हैं।

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यह चित्र कावालियेरी के ज्यामितीय नियम को दर्शाता है, जिसके अनुसार "चूरूट" के बायें और दायें भागों के क्षेत्रफल समान हैं।

# यह क्या है?

चित्र 142 को देख कर म्राप शायद ही बता सकें कि यह क्या "सिर्फ एक काली जाली ही तो है",— म्राप कहेंगे। पर पुस्त उदग्र टेबुल पर खड़ी कर दीजिये भौर 3-4 कदम पीछे हट कर चि देखिये। म्रापको म्रादमी की म्राँख नजर म्रायेगी। नजदीक म्राइये, खाली जाली नजर म्राने लगेगी।



चित्र 142. दूर से इस जाली को देखने पर म्रापको इसमें दायीं म्रोः किये एक लड़की के पार्श्व-चित्र का एक म्रांश (एक म्रांख म्रौर नाक का भाग) दृष्टिगोचर होगा।

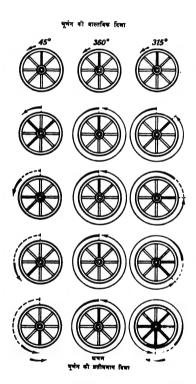
ग्राप सोचते होंगे कि यह किसी प्रवीण चित्रकार का कमाल है। प सिर्फ उस भ्रम का उदाहरण है, जिसके चक्कर में हम ग्रक्सर ग्रर्द्धछाया देखते वक्त पड़ जाया करते हैं। पुस्तकों या पित्रकाग्रों में चित्र का पि सतत सा प्रतीत होता है, पर यदि ग्राप विशालक शीशे से देखेंगे, भापको बिंदु-बिंदु अलग नजर आने लगेंगे; आपके सामने चित्र 142 की भाति ही एक जाली होगी। यह चित्र ऐसे ही एक अर्द्धछाया चित्र का दस गुना बड़ा किया हुआ एक भाग है। जब जाली काफी महीन होती है, तो वह नजदीक से ही सतत रंग में रंगी लगती है। जाली के छेद बड़े होने पर उन्हें दूर से देखना पड़ता है। पाठकों को इसका कारण समझने में कठिनाई नहीं होगी, यदि वे दृष्टि-कोण के बारे में कही गयी बातों को स्मरण करेंगे।

#### ग्रसाधारण चक्के

क्या भ्रापको कभी बाड़े के छेदों से (या सिनेमा में) तेज दौड़ती मोटर-कार या बग्गी के चक्कों को देखने का मौका मिला है? शायद भ्रापने एक विचित्र बात पर ध्यान दिया हो: कार तेज गति से दौड़ती है, पर चक्का मुश्किल से घूमता नजर भ्राता है, या बिल्कुल रूका हुम्रा लगता है। कभी-कभी तो वह उल्टी दिशा में घूमता नजर भ्रान लगता है!

यह भ्रम इतना ग्रसाधारण है कि पहली बार देखने वाले बिल्कुल ही चकरा जाते हैं।

कारण निम्न है। बाड़े के छेदों से हम चक्के को लागातार नहीं देखते। वह कभी छिप जाता है, तो कभी दिखने लगता है। सिनेमा में भी हम चक्के को लागातार नहीं देखते, श्रलग-श्रलग चित्रों में देखते हैं (एक सेकेंड में 24 चित्रों की गति से)।



चित्र 143. सिनेमा के पर्वे पर भक्का की भ्रजीब गति का रहस्य।

ग्रतः यहाँ तीन बातें हो सकती हैं, जिन्हें हम ग्रभी एक-एक कर देखेंगे। प्रथमतः, हो सकता है कि चक्का जितनी देर ग्राँखों से ग्रोझल रहता है, उतनी देर में वह किसी पूर्ण संख्या बार चक्करें काट लेता है, — कोई फर्क नहीं पड़ता कि एक चक्कर या बीस चक्कर। सिर्फ चक्कर पूरे होने चाहिये। तब नये चित्र में चक्के की वही स्थिति होगी, जो पिछले में थी। इससे हम निष्कर्ष निकालते हैं कि वह घूम नहीं रहा है (चित्र 143 में बीच वाला स्तंभ)।

दूसरी स्थिति: चक्का हर बार जब ग्रोझल होता हैं, वह पूरी संख्या में चक्कर लगा चुकने के बाद थोड़ा ग्रौर ग्रागे घूम जाता है। ऐसे चित्नों को क्रम से देखने पर हम पूरे चक्करों का ग्रंदाज नहीं लगा पाते ग्रौर हमें प्रतीत होता है कि चक्का बहुत धीरे-धीरे घूम रहा है (हर बार वह थोड़ा ही घूमा हुग्रा दिखता है)।

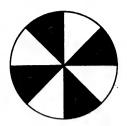
तीसरी स्थिति: ग्रांख से ग्रोझल होने के ग्रंतराल में चक्का पूरे चक्करों के ग्रंतिरिक्त ग्राधा से ग्रधिक घूम जाता है (जैसे चित्र 143 के तीसरे स्तंभ में  $315^\circ$  पर)। इस हालत में पिछले चित्र से तुलना करने पर लगेगा कि चक्का थोड़ा पीछे घूम गया है। यह भ्रम तबतक जारी रहेगा, जबतक चक्के की घूर्णन-गति बदल नहीं जाती।

ग्रब ऊपर की व्याख्या में चंद ग्रीर छोटी-मोटी बातें जोड़नी रह जाती हैं। पहली स्थिति में हमने सरलता के लिये कह दिया था कि चक्के पूर्ण चक्कर पूरा करने में सफल हो जाते हैं; पर चूँकि चक्के की तीलियां एक जैसी हैं, इसलिये काफी रहेगा, यदि चक्का तीलियों के बीच के कोण की किसी पूर्ण संख्या जितना बड़ा कोण बनाता हुग्रा घूम जाये।

यहो बात ग्रन्य स्थितियों के साथ भी होगी।

कुछ दूसरी विलक्षणतायें भी संभव हैं। यदि चक्के की किनारी पर कोई निशान लगा हो, तो कभी ऐसा भी लग सकता है कि निशान एक दिशा में घूम रहा हो और तीलियां दूसरी दिशा में! यदि निशान किसी तीली पर है, तो तीलियां निशान के विपरीत घूम सकती हैं; निशान तीलियों पर दौड़ता सा प्रतीत होगा।

जब सिनेमा में साधारण दृश्य दिखाये जाते हैं, तो इस भ्रम से कोई फर्क नहीं पड़ता। पर यदि पर्दे पर किसी यंत्र का कार्य समझाया जा रहा हो, तो इस भ्रम के कारण यंत्र के कार्य के बारे में गलत खयाल भी हो जा सकते हैं। ध्यानपूर्वक देखने वाले दर्शक पर्दे पर स्थिर प्रतीत होने वाले चक्कों की तीलियां गिन कर कुछ हद तक उनकी घूर्णन-गित का वेग ज्ञात कर ले सकते हैं। सिनेमा में अक्सर प्रति सकेंड 24 चित्र दिखाये जाते हैं। यदि तीलियों की संख्या 12 है, तो प्रति सेकेंड चक्करों की संख्या होगी 24:12, अर्थात् 2, या आधे सेकेंड में एक पूरा चक्कर। यह चक्करों की न्यूनतम संख्या है। अन्य संख्यायें भी संभव हैं; वे इस संख्या से किसी



ाचत्र 144. चलित्र का घूर्णन-वेग निर्धारित कर के लिये चिक्रका।

पुणांक संख्या गुनी अधिक हो सकती हैं (जैसे दुगुनी, तिगुनी, चौगुनी आदि)। चक्के के व्यास का अंदाज लगा कर आप उस का वेग भी लगभग मानों में निर्धारित कर सकते हैं। यदि चक्के का व्यास 80 cm है, तो हमारी स्थिति में कार का वेग 18 km/h (या 36 km/h, या 54 km/h, आदि) हो सकता है।

ऊपर बताये गये भ्रम की सहायता से प्रविधि में तेजी के साथ घूमते चक्के की घूर्णन-संख्या ज्ञात की जाती है। विधि निम्न बातों पर ग्राधारित है। परिवर्ती विद्युत-धारा से जलते बल्ब की प्रकाश-शक्ति स्थिर नहीं रहती: वह सेकेंड के हर शतांश में धीमी पड़ जाती है। साधारण परिस्थितियों में हम इसे नहीं देखते। पर मान लीजिये कि ऐसे बल्ब से चित्र 144 में दिखाया गया चक्का प्रकाशित किया जा रहा है। यदि चक्का सेकेंड के हर शतांश में 1/4 चक्कर लगाता है, तो हमें चक्का समरूप भूरे की जगह काले-सफेद वृत्त खंडों में बँटा हुग्रा लगेगा, मानों वह बिल्कुल स्थिर हो।

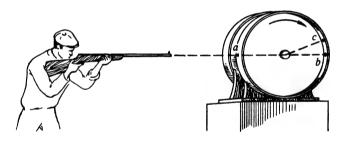
# प्रविधि में "काल-सूक्ष्मदर्शी"

"मनोरंजक भौतिकी" की प्रथम पुस्तक में "काल-विशालक" का वर्णन किया गया था, जिसका आधार सिनेमा का कैमरा था। वैसा ही प्रभाव एक अन्य विधि से भी प्राप्त किया जा सकता है, जिसका आधार पिछले निबंध में बतायी गयी बातें हैं।

हम जान चुके हैं कि 25 चक्कर प्रति सेकेंड के वेग से घूर्णनरत काले-सफेद वृत्तखंडों वाला चक्का (चित्र 144) प्रति सेकेंड 100 कौंधें देने वाले बल्ब के प्रकाश में स्थिर प्रतीत होता है। ग्रब मान लें कि प्रति सेकेंड कौधों की संख्या बढ़ कर 101 हो जाती है। ऐसे दो कौंधों के बीच के समय में चक्का पहले की तरह चौथाई चक्कर पूरा नहीं कर सकेगा ग्रौर इसका मतलब है कि वृत्त-खंड ग्रपना ग्रमुख्प स्थान नहीं ले पायेगा।

ग्रांख उसे परिधि के शतांश तुल्य दूरी पीछे देखेगी। ग्रगली कौंध में वृत्तखंड परिधि के दो शतांश तुल्य दूरी पीछे दिखेगा। हमें लगेगा कि चक्का उल्टी दिशा में घूम रहा है ग्रीर एक सेकेंड में एक पूरा चक्कर लगा रहा है। गित 25 गुनी कम लगती है।

श्राप समझ गये होंगे कि उल्टी दिशा की बजाय सीधी दिशा में चक्के का घूर्णन कैसे मंद किया जा सकता है। इसके लिये कौंघों की प्रति सेकेंड संख्या बढ़ानी नहीं घटानी होगी। उदाहरणार्थ, प्रति सेकेंड 99 कौंध वाले प्रकाश में चक्का सीधी दिशा में एक चक्कर प्रति सेकेंड की दर से घूमता नजर श्रायेगा।



चित्र 145. गोली का वेग ज्ञात करना।

यह "काल-सूक्ष्मदर्शी" होगा, जो गित को 25 गुना मंद कर के दिखाता है। मंदन ग्रीर भी ग्रिषिक हो सकता है। यदि कौंधों की संख्या 10 सेकेंड में 999 (ग्रर्थात् प्रति सेकेंड 99.9) कर दी जाये, तो चक्का 10 सेकेंड में 1 चक्कर लगाता नजर ग्रायेगा। गित 250 गुनी मंद हो जाती है।

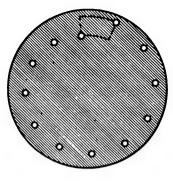
उपरोक्त विधि से किसी भी क्षिप्र ग्रावर्ती गति को ग्रांखों के लिये इष्ट सीमा तक मंद किया जा सकता है। क्षिप्र यंत्रों की गति-विशेषताग्रों का ग्रघ्ययन करने में इससे काफी सुविधा होती है, क्योंकि ऐसे "काल- शुक्रमदर्शी से गित को सौगुना, हजार गुना ब्रादि जितना मंदन दिया जा सकता है। $^{1}$ 

श्रंत में बंदूक की गोली का वेग नापने के लिये एक विधि का वर्णन करते हैं, जो चक्के की घूर्णन-संख्या शुद्धता के साथ निर्धारित करने की संभावना पर आधारित है। क्षिप्र घूर्णन वाले बेलन पर गत्ते की चकती कैठा देते हैं। चकती काले-सफेद वृत्त-खंडों में बँटी होती है और उसकी किनारी इस प्रकार मुड़ी होती है कि वह बेलनाकार खुले बरतन जैसी लगती है (चित्र 145)। बंदूकधारी इसके व्यास के अनुतीर निशाना लगाता है, जिससे गोली बरतन की दीवार में दो जगह छेद कर देती है। यदि बरतन स्थिर होता, तो दोनों छेद एक ही व्यास के दोनों सिरो पर होते। लेकिन बरतन को घूर्णन-गित दी गई है, इसिलये जबतक गोली एक किनारी से दुसरी किनारी तक पहुँचती है, बरतन थोड़ा घूम चुका होता है। फलतः दूसरा छेद के की बजाय ८ पर बनता है। बरतन की घूर्णन-संख्या, उसका व्यास और चाप के८ नाप कर गोली का वेग ज्ञात किया जा सकता है। यह एक सरल ज्यामितीय समस्या है, जिसे थोड़ा बहुत गणित का ज्ञान रखने वाले पाठक भी हल कर ले सकते हैं।

### निपकोव-चक्र

दृष्टि-भ्रम के प्राविधिक उपयोग का एक सुंदर उदाहरण तथाकथित "ित्पकोव चक्र" है। इसका उपयोग प्रथम टेलिविजनों में हुम्रा करता था। चित्र 146 में ग्राप वृत्त देखते हैं। छेद एक सिर्पेल रेखा पर समरूपता से बनाये गये हैं। हर छेद ग्रपने पड़ोस की तुलना में केंद्र से 2 mm निकट है। एसे चक्र से कोई विशेष उम्मीद नहीं की जा सकती। पर ग्राप उसे चित्र 147 की भौति एक उद्य खड़की ग्रीर चित्र के बीच ग्रक्ष के सहारे नचाना शुरु कीजिये। स्थिर चक्र द्वारा छिपा हुम्रा चित्र ग्रापको स्पष्ट नजर

¹ क्षिप्रपरिवर्ती प्रिक्रियाम्रों की म्रावृति नापने के लिये व्यवहृत उपकरण — म्रावर्तदर्शी (स्ट्रोबोस्कोप) के मूल में यही नियम है। म्रावर्तदर्शियों से म्रत्यंत शुद्ध मापें मिल सकती हैं (उदाहरणार्थ, एलेक्ट्रोनी म्रावर्तदर्शी से सिर्फ 0.001% की म्रशुद्धी मिलती है। — संपादक

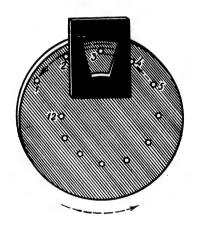


चिड्की चिड्की

चित्र 146

चित्र 147.

म्राने लगेगा। घूर्णन कम करें, चित्न म्रस्पष्ट हो जायेगा। घूर्णन बंद हो जाने पर चित्न बिल्कुल ही नहीं दिखेगा या सिर्फ उतना दिखेगा, जितना 2 mm ब्यास वाले नन्हे छेद से दिख सकता है।



ਚਿਕ 148.

स्रब देखे कि इस प्रभाव का कारण क्या है। चक्र को मंद गित से घुमा कर खिड़की के सामने गुजरते छेदों को कम से स्रलग- स्रलग देखा जाये। केंद्र से सबसे दूर वाला छेद खिड़की की ऊपरी किनारी के समीप से गुजरता है। यदि उसकी गित बहुत तेज होगी, तो वह स्रापको चित्र का क्षैतिज पट्टी जितना बड़ा भाग दिखा देगा। यह चित्र का ऊपरी भाग होगा। दूसरा छेद, जो पहले से थोड़ा नीचे है, चित्र की निचली पट्टी

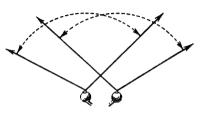
दिखायेगा। इसी तरह सारे छेद एक-एक पट्टी कर के पूरा चित्र दिखा देंगे। घूर्णन-गति तेज होने पर ग्रापको चित्र सतत दिखती रहेगी, मानो चक्र में खिडकी के बराबर ग्राकार वाला छेद कर दिया गया है।

निपकोव का चक्र ग्राप स्वयं सरलतापूर्वक बना ले सकते हैं; तेजी से घुमाने के लिये उसके ग्रक्ष पर रस्सी लपेट लीजिये, पर छोटे से विद्युत-चिल्न का उपयोग करना बेहतर होगा।

### जरता ऐंचा क्यों?

धावमी जैसे जीव बहुत कम हैं, जिनकी दोनों भ्रांखें किसी वस्त को एक साथ देख सकती हैं। उसकी बायीं आँख का दृष्टि-क्षेत्र दायीं आँख के पीक्ट मंत्र से थोड़ा ही भिन्न होता है।

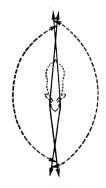
पाधिकतर जीवों की दोनों ग्रांखें धलग भलग चीजें देखती हैं। वे वस्त व्योम चित्र नहीं प्राप्त करते. लेकिन हमारी तूलना में वे एक साथ कहीं प्रधिक बडा क्षेत्र देखने में समर्थ होते हैं।चित्र 149 में ग्रादमी की प्रांखों के दुष्टि-क्षेत दिखाये चित्र 149. ग्रादमी की दोनों गये हैं: हर म्रांख क्षैतिज दिशा  $\mu$   $120^{\circ}$  के कोण की सीमा में



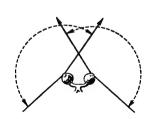
ग्रांखों के दृश्य-क्षेत्र।

देख सकती है भ्रौर दोनों भ्रांखों के दृष्टि-क्षेत्र लगभग एक ही हैं (यदि पखिं स्थिर हों )।

इस श्रारेख की तूलना ग्रब चित्र 150 के साथ करें; यह खरहे की भौखों का दिष्ट-क्षेत्र दिखाता है। खरहा बिना सर घुमाये सिर्फ श्रागे की ही नहीं, पीछे की वस्तुएं भी देख सकता है। दोनो श्रांखों के दृष्टि-क्षेत्र



जिल 150. खरगोश की दोनों पश्चिों के दृश्य-क्षेत्र।



चित्र 151. घोडे की दोनों ग्रांखों के दृश्य-क्षेत्र।

उसके ग्रागे ग्रौर पीछे मिलते हैं। ग्रब ग्राप समझते होंगे कि खरहे को बिना डराये उसके पास पीछे से छिप कर पहुँचना कठिन क्यों होता है। पर, जैसा कि ग्रारेख से स्पष्ट है, खरहा ग्रपनी नाक के पास की चीज नहीं देख पाता, इसके लिये उसे सर घुमाना पड़ता है।

खुर वाले लगभग सभी जीवों की दृष्टि ऐसी ही "सर्वमुखी" होती हैं। चित्र 151 में घोड़े के दृष्टि-क्षेत्रों की स्थितियाँ दिखायी गयी हैं: पीछे की ओर वे नहीं मिलते अतः पीछे क्या है, यह देखने के लिये उसे सिर घुमाना पड़ता है। वस्तुओं का बिंब इन जीवों के लिये स्पस्ट नहीं होता, पर चारों ओर दूर तक की हल्की से हल्की गतिविधियाँ भी उनकी निगाह से नहीं छिपतीं। फुर्तीले हिंसक पशु जिन्हें आकामक की भूमिका निभानी पड़ती है, अपने चारों ओर नहीं देख पाते; उनकी दृष्टि "दो आँखों वाली" होती है, जिसके कारण वे दूरी का सही-सही अंदाज लगा पाते हैं। यदि ऐसा नहीं होता, तो अपने शिकार पर छलांग लगाने में उनसे अक्सर चूक होती रहती।

# ग्रंघेरे में सभी बिल्लियां भूरी क्यों ?

भौतिकविद् कहता कि "ग्रंधेरे में सभी बिल्लियां काली लगती हैं", क्योंकि प्रकाश की ग्रनुपस्थिति में चीजें दिखायी ही नहीं देतीं। पर कहावत का संबंध पूर्ण ग्रंधेरे से नहीं, ग्रत्यंत क्षीण प्रकाश से हैं। कहावत सही रूप में इस प्रकार है: ग्रंधेरे में सभी बिल्लियां भूरी होती हैं। कहावत का मूल ग्रंथ यह है कि कम प्रकाश में ग्रांखें रंग-भेद नहीं बता सकतीं, हर सतह भूरी प्रतीत होती है।

कहाँ तक सच है यह? क्या सचमुच ही कम ग्रंधेरे में लाल झंडा ग्रौर हरा पत्ता एक जैसे भूरे लगते हैं? इन कथनों की सत्यता ग्रासानी से जाँची जा सकती है। जिन्होंने झुटपुटी शाम में रंगों को देखने की कोशिश की होगी, वे बता सकते हैं कि इस स्थिति में रंग-भेद लुप्त हो जाते हैं ग्रौर हर चीज गाढ़ी भूरी लगती है।

चेखव के "पत्न" में म्राप पढ़ सकते हैं: "पर्दे के कारण यहाँ सूर्य-किरणें नहीं म्रा रही थीं; कमरे में झुटपुट म्रंघेरा था, इसलिये बड़े से गुलदस्ते में सभी गुलाब एक रंग के प्रतीत हो रहे थे।" भौतिकीय प्रयोग भी इस भ्रवलोकन की सत्यता को सिद्ध करते हैं।
यदि रंगीन सतह पर क्षीण क्वेत प्रकाश डाला जाये (या सफेद सतह पर
रंगीन प्रकाश डाला जाये और प्रकाश की शक्ति धीरे-धीरे बढ़ायी जाये,
तो शुरु-शुरु में सिर्फ भूरा रंग दिखायी देगा। जब प्रकाश की शक्ति एक
नियत सीमा तक पहुँचती है, भ्रांखों को रंग की भ्रनुभूति मिलनी शुरू
होती है। प्रकाश की यह शक्ति "वर्ण-संवेदना की निचली सीमा" कहलाती
है।

इस प्रकार, कहावत (जो अनेक भाषाओं में मिल सकती है) का णाब्दिक और सही अर्थ यह है कि वर्ण-संवेदना की सीमा से नीचे सभी वस्तुएं भूरी लगती हैं।

ज्ञात हुआ है कि वर्ण-संवेदना की ऊपरी सीमा भी है। काफी तीव्र प्रकाश में आँखें रंग-भेद करने में असमर्थ होती हैं: सभी रंगीन सतहें समान रूप से श्वेत लगती हैं। म्रध्याय 10

# ध्वनि. लहरदार गति

### ध्वनि व रेडियो-तरंगें

ध्विन प्रकाश की तुलना में करीब दस लाख गुनी मंद गित से प्रसारित होती है; ग्रौर चूँकि रेडियो-तरंगों ग्रौर प्रकाश के वेग समान हैं, इसिलये ध्विन रेडियो-संकेत से दस लाख गुने मंद वेग से चलती है। इससे एक दिल-चस्प निष्कर्ष निकलता है, जिसका सार निम्न प्रश्न से स्पष्ट हो सकता है: संगीत-कक्ष में पियानो की प्रथम ध्विन किसे पहले सुनायी देगी — पियानो से 10 m की दूरी पर बैठे श्रोता को, या 100 किलोमीटर दूर स्थित रेडियो के पास बैठे व्यक्ति को (रेडियो पर वही प्रोग्राम सीधे संगीत कक्ष से प्रसारित हो रहा है)?

बात कितनी भी विचित्र क्यों न हो, रेडियो सुनने वाला व्यक्ति पियानो की आवाज संगीत-कक्ष के श्रोता से पहले सुन लेगा, यद्यपि वह वाद्य-यंत्र से 10000 गुना अधिक दूर बैठा है। रेडियो-तरंगे 100 किलोमीटर की दूरी तय करने में लगाती हैं

$$\frac{100}{300000} = \frac{1}{3000}$$
 सेकेंड।

ध्विन 10 मीटर की दूरी तय करती है

$$\frac{10}{340} = \frac{1}{34}$$
 सेकेंड में।

इससे स्पष्ट है कि रेडियो प्रसारण द्वारा ध्विन को भेजने में करीब सौगुना कम समय लगता है, बिनस्बत कि ध्विन को हवा के माध्यम से भेजने में।

# ध्वनि ग्रौर बंदुक की गोली

जब जूल वेर्न के यात्री गोले में बैठ कर तोप से छुटे, तो वे इस बात पर विस्मित थे कि इतने बड़े तोप दागे जाने की कोई ग्रावाज उनके कानों तक नहीं पहुँची। पहुँचती भी नहीं। ग्रावाज कितनी भी जोरदार क्यों न हो, उसके प्रसारण का वेग (हवा में किसी भी ध्विन की तरह) सिर्फ 340 m/s के बराबर होता है। पर गोले का वेग था 11000 m/s। स्पष्ट है कि तोप दागने की ग्रावाज यात्रियों तक नहीं पहुँचेगी: गोला ध्विन से भागे निकल जायेगा।

तोप के गोले और बंदूक की गोलियां वास्तविकता में कितनी तेज चल सकती हैं: ध्विन से तेज चलती हैं या उनकी भ्रावाज उनसे भ्रागे निकल कर शिकार को सावधान कर देती है?

प्राधुनिक बंदूक की गोली ध्विन से तिगुनी तेज चलती है, प्रर्थात् उनका वेग होता है 900 m/s (ग्रीर ध्विन का वेग 0° पर 332 m/s)। यह बात ग्रीर है कि ध्विन समरूप गित से चलती रहती है ग्रीर गोली का वेग घटने लगता है। पर ग्रपने पथ का ग्रधिकांश भाग गोली ध्विन से तेज चलती हुई तय करती है। इससे सीधा निष्कर्ष यह निकलता है कि यदि गोली चलने पर ग्रापको उसकी ग्रावाज सुनायी देती है, तो इसका मतलब है कि घबड़ाने की कोई बात नहीं है: गोली ग्रापको नहीं लगी है। गोली बंदूक की ग्रावाज से ग्रागे चली जाती है ग्रीर यदि वह किसी को लगती है, तो वह पीछे से ग्राती ग्रावाज को सुन सकने के पहले ही मृत हो जायेगा।

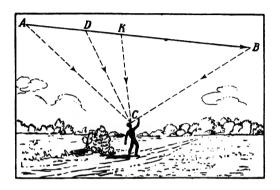
### मिष्या विस्फोट

उड़ते हुए पिंड श्रीर उसके द्वारा उत्पन्न ध्वनि के वेगों में श्रंतर होने के कारण हम कभी-कभी गलत निष्कर्षों पर पहुँच जाते हैं, जिनका वास्त-विकता के साथ कोई मेल नहीं होता।

इसका एक रोचक उदाहरण है उल्का (या तोप का गोला), जो हमारे

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> म्रानेक म्राधुनिक विमान ध्विन के वेग से काफी तेज चलते हैं।— संपादक

ठीक सर के ऊपर से काफी ऊँचाई पर उड़ती हुई निकलती है। उल्कायें वाह्य अंतरिक्ष से हमारे वातावरण में घुस आती हैं। उनका वेग काफी बड़ा होता है। हवा के प्रतिरोध से कम होते-होते भी उसका वेग ध्वनि के वेग से दिसयों गुना अधिक रह जाता है।



चित्र 152. विस्फोट से उल्का के टुकड़े होने का भ्रम।

हवा को चीरती हुई वे ग्रक्सर शोर करती हैं, जो बादल गरजने की याद दिलाता है। मान लें कि हम बिंदु C पर खड़े हैं (चित्र 152) ग्रीर ठीक हमारे ऊपर से AB रेखा पर एक उल्का जा रही है। उल्का द्वारा बिंदु A से भेजी गयी ध्विन हम तक (ग्रर्थात C तक) तब पहुँचती है, जब स्वयं उल्का बिंदु B पर पहुँच चुकी होती है। चूँकि उल्का काफी तेज भाग रही है, वह हम तक A वाली ध्विन पहुँचने के पहले D से ध्विन भेज देती है। इसलिये हम D बिंदु से ग्राती ध्विन पहले सुनते हैं ग्रीर A वाली ध्विन बाद में। ग्रीर चूँकि B बिंदु से चलने वाली ध्विन भी हम D वाली के बाद सुनते हैं, तो हमारे सिर के ऊपर एक बिंदु K होना चाहिये, जहाँ से उल्का की ध्विन हमें सबसे पहले सुनायी दे जाती है। गिणत के प्रेमी इस बिंदु की स्थित कलन द्वारा निर्धारित कर ले सकते हैं, यदि उल्का ग्रीर ध्विन के वेगों का ग्रमपात ज्ञात हो जाये।

परिणाम यह होता है: जो हम सुनेंगे श्रौर जो देखेंगे, उनका श्रापस में कोई मेल नहीं बैठेगा। श्रौंखों के लिये उल्का सर्वप्रथम बिंदु A पर होगी भीर वह रेखा AB पर ग्रग्नसर होती। लेकिन कान के लिये वह सर्वप्रथम हमारे सिर के ऊपर कहीं K पर होगी ग्रौर इसके बाद हमें एक ही समय में दो ध्विनयां सुनायी देंगी, जो विपरीत दिशाग्रों में लुप्त होती प्रतीत होगी -K से A की ग्रोर ग्रौर K से B की ग्रोर। दूसरे शब्दों में, हमें सुनायी देगा कि उल्का मानों दो भागों में टूट गयी ग्रौर हर भाग विपरीत दिशा में ग्रग्रसर हो गया। यह विस्फोट नहीं हुग्रा है। यह दिखाता है कि ध्विन संवेदनायें कितनी भ्रामक हो सकती हैं। बिल्कुल संभव है कि उल्का के विस्फोट की ग्रांखों देखी कहानियाँ सुनाने वाले लोग ऐसे श्रवण-भ्रम का ही शिकार गई हों।

#### यदि ध्वनि-वेग घट जाये...

यदि ध्वनि हवा में  $340 \, \mathrm{m/s}$  के वेग से नहीं, बल्कि इससे काफी कम वेग से प्रसारित होने लगे, तो श्रवण-भ्रमों की घटनायें प्रधिक धवशीकत होतीं।

कल्पना करें कि ध्वनि एक सेकेंड में 340 m नहीं, 340 mm नम करनी है, अर्थात् वह पैदल-याती से भी मुस्त चलती है। आप आगान करनी मैं वेठ अपने मित्र की कहानी सुन रहे हैं, जिसे बीलने बक्त चलल करनी करनी करने की आदत है। साधारण परिस्थितियों में मह चलल करनी आपको कहानी सुनने में बाधा नहीं पहुँचाती, पर ध्वनि का नेग कर्म ही जाने पर आप अपने मित्र की बातें बिल्कुलनहीं गर्मधारी: पहुँच और बच्चरित स्वर (जब मित्र आपके कानों तक देर से पहुँचरी और बाव में अप्योधन स्वर (जब मित्र आपके निकट था) आप पहुले शुन लेगे। सारे स्वर आप तक उल्टे कम से पहुँचा करेंगे। इसमें से सिर्फ चंद शब्द आप शमक सन्तरी, जिनके लिये उल्टा सीधा एक समान होता है, जैसे:

" नवजीवन " ।

### सबसे मंद वार्त्ता

पर यदि आप सोचते हैं कि हवा में ध्विन का वास्तिविक वेग – तिहाई किलोमीटर प्रति सेकेंड – हर स्थिति के लिये पर्याप्त है, तो आपको अपना खयाल बदलना पड़ेगा। मान लीजिये कि मास्को और लेनिनग्राद को टेलीफोन की बजाय बात-चीत करने वाली साधारण टोंटी से जोड़ा गया है, जिसे पहले बड़ी दूकानों के ग्रलग-ग्रलग कमरों को जोड़ने के लिये इस्तेमाल किया जाता था (या जिसे जहाजों में मशीनकक्ष से बात-चीत करने के लिये इस्तेमाल किया जाता था)। मान लीजिये कि ग्राप इस 650 km लंबी नली के लेनिनग्राद वाले सिरे के पास खड़े हैं और ग्रापका मित्र मास्को वाले सिरे के पास खड़ा है। ग्राप कुछ पूछते हैं और उत्तर की प्रतीक्षा करते हैं। पाँच मिनट बीत जाते हैं, दस मिनट, पंद्रह मिनट..., उत्तर नहीं ग्रा रहा है। ग्राप चिंतित हो जाते है; ग्राप सोचते हैं कि ग्रापके मित्र के साथ कोई दुर्घटना हो गयी है। पर डरने की कोई बात नहीं है: ग्रापका प्रश्न ग्रभी मास्को तक पहुंचा नहीं है; वह बोच रास्ते में ही है। जबतक ग्रापका मित्र ग्रापकी ग्रावाज सुनेगा और उत्तर देने के लिये तैयार होगा, 15 मिनट और बीत जायेंगे। लेकिन उत्तर को मास्को से लेनिनग्राद ग्राने में भी ग्राघे घंटे से कम नहीं लगेगा। इस प्रकार ग्राप उत्तर सिर्फ एक घंटे बाद सुन सकेंगे।

श्राप हिसाब कर के देख ले सकते हैं: लेनिनग्राद से मास्को की दूरी  $650~\mathrm{km}$  है; घ्विन एक सेकेंड में  $^{1}/_{3}~\mathrm{km}$  चलती है; ग्रतः मंजिल तक पहुँचने में उसे 2160 सेकेंड या 35 मिनट से कुछ ग्रधिक लगेंगे। इन परिस्थितियों में ग्राप सुबह से शाम तक में दस वाक्यों से ग्रधिक का ग्रादान प्रदान शायद ही कर सकेंगे।  $^{1}$ 

### क्षिप्रतम पथ

एक जमाना था जब खबर भेजने की यह विधि भी क्षिप्र मानी जाती थी। सौ साल पहले विद्युत टेलीग्राफ या टेलीफोन की किसी ने कल्पना भी नहीं की होती और 650 km की दूरी पर कुछेक घंटे में समाचार भेजना शी घता का ग्रादर्श उदाहरण होता।

कहते हैं कि जार पावेल-I के राजितलक शुरू होने की सूचना मास्को

¹ लेखक इस बात को ध्यान में नहीं रख रहे हैं कि दूरी के साथ-साथ ध्वनि-कंपन बिल्कुल बुझ जायेगा। इसके कारण बात-चीत बिल्कुल ग्रसंभव हो जायेगी, ग्रापका प्रश्न ग्रापके मित्र तक पहुँचेगा ही नहीं। - संपादक।

ा विनिन्नपाद भेजने के लिये निम्न विधि अपनायी गयी थी। दोनों राजधा-निया के बीच दो-दो सौ मीटर की दूरी पर सैनिक तैनात किये गये थे। निया की प्रथम घंटी की आवाज सुनते ही निकटतम सैनिक ने हवा में गानी दाग दी। यह आवाज सुनते ही उसके बाद वाले सैनिक ने गोली निया, इसके बाद तीसरे सैनिक ने, — और इसी प्रकार राजतिलक के आरंभ होने का संकेत लेनिनपाद (उस समय पिटरबुर्ग) तक सिर्फ तीन घंटों में पहुँच गया। मास्को में घंटी की प्रथम ध्विन के, ठीक तीन घंटे बाद 650 km दूर लेनिनपाद के पेत्नो - पाब्लोव्स्क किले में भी तोप दगने की आवाज मुनायी देने लगी।

यदि मास्को के घड़ी-घंटों की म्रावाज उत्तरीय राजधानी लेनिनग्राद में सुनी जा सकती, तो जैसा कि हम देख चुके हैं, सिर्फ म्राधे घंटे बाद मृनी जाती। इसका मतलब है कि तीन घंटों में से ढाई घंटे सिर्फ इस बात में खर्च हुए कि सैनिक पिछले सैनिक द्वारा दागी गयी बंदूक की म्रावाज ग्रहण करता था और म्रपनी बंदूक दागने के लिये म्रावश्यक कार्य संपन्न करता था। इतना सा काम समय के बहुत नन्हे म्रंतराल में हो जाता है, पर ऐसे मनेक म्रंतराल मिल कर  $2^1/2$  घंटे में परिणत हो गये थे।

पुराने जमाने में प्रयुक्त प्रकाशीय टेलीग्राफ भी इसी तरह का होता था: इसमें पिछले स्टेशन से प्रकाशीय संकेत पा कर वैसा ही संकेत अगले स्टेशन पर भेजा जाता था। संकेत इसी तरह एक के बाद एक स्टेशन तय करता हुआ मंजिल तक पहुँचता था। प्रकाश संकेत द्वारा खबर भेजने की विधि का उपयोग जार के जमाने में क्रांतिकारी लोग भी करते थे। यदि कहीं पर उनकी गुप्त बैठक होती थी, तो बैठक के स्थान से पुलिस-स्टेशन सक थोड़ी-थोड़ी दूर पर अन्य क्रांतिकारी छिपे रहते थे। पुलिस-चौकी में काई चहल-पहल दिखते ही निकटतम क्रांतिकारी टार्च जला कर अगले को संभेत कर देता था।

# नगाड़े से टेलीग्राफ

श्रफीका, मध्य अमेरिका और पोलीनेशिया की श्रादिवासी जातियों के बीभ ध्वनि-संकेतों द्वारा खबर भेजने की प्रथा आज भी प्रचलित है। इसके लिय विशेष नगाड़ों का उपयोग किया जाता है। इनकी मदद से ध्वनि- संकेतों को विशाल दूरियो तक भेजा जा सकता है: एक जगह पर सुने गये संकेत दूसरी जगह दुहराये जाते हैं ग्रौर इसी तरह वे श्रागे पहुँचेते रहते हैं। इस विधि से कोई भी महत्त्वपूर्ण खबर छोटे ग्रंतराल में काफी बड़े भूभाग पर फैलायी जा सकती है (चित्र 153)।



चित्र 153. फीजी द्वीप का म्रादिवासी नगाड़े के " टेलीग्राम " द्वारा वार्तालाप में मशगूल है।

इटली ग्रौर ग्रबिसीनिया के बीच होने वाले प्रथम युद्ध के दरम्यान इटालियन सेना की गति-विधियों की खबर शासक मेनेलीक को इतनी जल्द लग जाती थी कि इटालियन युद्ध-मंत्रणालय में लोग हैरत में पड़े हुए थे। उन्हें दूश्मन के मृदंगी टेलीग्राफ के बारे में कुछ भी नहीं मालुम था।

इटली के साथ अबिसीनिया के दूसरे युद्ध के आरंभ में लामबंदी की आज्ञा अदीस - अबीब से निकल कर चंद घंटों में देश के कोने-कोने तक फैल गयी

ऐंग्लो-बोइर युद्ध के समय भी यही बात देखी गयी थी: काफ जन-जाति के "टेलीग्राफ" के उपयोग से कैपलैंड निवासियों के बीच युद्ध-समाचार भगाधारण गति से फैलते थे, जबकि सरकारी संदेश-वाहकों को इसमें कई-कर्द दिन लग जाते थे।

भफीका के यावियों (जैसे लेव फोबेनीउस) के अनुसार कुछ अफीकन जनजातियों के पास ध्विन संकेतों की प्रणाली इतनी पूर्ण है कि उनके "उलीप्राफ" को युरोपियनों के प्रकाशीय टेलीग्राफ से (जो विद्युत टेलीग्राफ से पूर्व था) अधिक अच्छा माना जा सकता है।

एक पित्रका में निम्न खबर छपी थी। ब्रिटिश संग्रहालय के पुरावेत्ता भार. हैसेल्डेन नाइजीरिया के मध्य में स्थित शहर इबाड में थे। नगाड़े की भायाज वहाँ दिन रात गूंजती रहती थी। एक सुबह उन्होंने ध्यान दिया कि हर जगह लोग सरगर्मी के साथ किसी चीज के बारे में बातें कर रहें है। पुछने पर उन्हें बताया गया कि "गोरों का एक बड़ा जहाज हूब गया है; बहुत से लोगों की मृत्यु हुई है"। तट से यह खबर मृदंगी टेलीग्राफ से यहाँ पहुँची थी। पुरावेत्ता ने इस ग्रफवाह पर कोई ध्यान नहीं दिया। विका तीन दिन बाद उसे टेलीग्राफ मिला (लाइन खराब होने की वजह से देर हो गयी थी) कि "लुजीटेन" डूब गया है। तब वे समझ गये कि नियों लोगों की खबर सही थी, ग्रौर वह कैर से दुबाड पहुँची थी। सबसे भाष्ट्यं की बात तो यह थी कि मार्ग में कई जनजातियां ऐसी थीं, जो एक दूसरे की बोली बिल्कुल नहीं समझती थीं ग्रौर उनमें से कइयों के बीच युद्ध भल रहा था।

# ध्वनि-कुहरे भ्रौर हवा से प्रतिष्वनि

ध्वित सिर्फ कठोर बाधा से ही परावर्तित नहीं होती। प्रतिध्वित बादल जैसी नमें कोमल वस्तु से भी मिल सकती है। यही नहीं, बिल्कुल पारदर्शक हवा भी विशेष परिस्थितियों में ध्वित तरंगों को परावर्तित कर सकती है। जैसे, जब हवा के इस पारदर्शक भाग की ध्वित-चालकता बाकी हवा से किसी कारणवश भिन्न होती है। इस घटना की तुलना प्रकाशिकी के "पूर्ण परावर्तन" की घटना के साथ की जा सकती है। ध्वित श्रदृश्य बाधा से अकरा कर लौटती है और हमें रहस्यमयी प्रतिध्वित सुनायी देती है, जो पता नहीं कहाँ से आती है।

यह रोचक तथ्य टिंडल को बिल्कुल संयोगवश ज्ञात हुम्रा था, जब वे समुद्र-तट पर व्वनि-संकेतों के साथ प्रयोग कर रहे थे। "बिल्कुल पारदर्शक हवा से प्रतिष्टविन मिलती है, – वे लिखते हैं। – प्रतिष्ट्विन मानों जादू के इशारे पर किसी ध्विनि-कुहरे से फूट रही थी। "

ध्विन-कुहरे की संज्ञा ग्रंग्रेज भौतिकविद ने पारदर्शक हवा के उस क्षेत्र को दी, जो ध्विन को परावर्तित कर के "हवा से प्रतिध्विनि" उत्पन्न करता है। देखिये, क्या कहते हैं वे इसके बारे में:

"ध्विन-कुहरे हवा में उड़ते रहते हैं। उनका बादल, वास्तिविक कुहासे म्रादि के साथ कोई संबंध नहीं है। पारदर्शक से पारदर्शक हवा में भी वे उपस्थित हो सकते हैं। उनसे हवाई प्रतिध्विनयां मिल सकती हैं; सामान्य मान्यता के विपरित, वे स्वच्छतम वातावरण में भी उत्पन्न हो सकती हैं। हवाई प्रतिध्विनयों का म्रस्तित्व प्रयोगों तथा प्रेक्षणों से सिद्ध किया जा चुका है। वे वायु-धाराग्रों से भी उत्पन्न हो सकती हैं, यदि धारायें भिन्न तापकम पर हैं या उनमें म्राईता की मान्ना भिन्न है।"

ध्विन-कुहरे का भ्रस्तित्व युद्ध-काल में भ्रवलोकित चंद रहस्यमयी संवृतियों पर प्रकाश डालता है। टिंडल फैंको-प्रुशियन युद्ध (1871) के एक चश्मदीद गवाह की याद प्रस्तुत करते हैं:

"तारीख 6 की सुबह पिछली सुबह की ठीक उल्टी थी। पिछले दिन कनकनी ठंड थी और कुहासा था। छे का दिन साफ व गर्म था। पिछले दिन हवा में शोर ही शोर था, तरह-तरह की आवाजें थीं, और छे को पूर्ण नीरवता थी, जैसे लड़ाई कभी शुरू ही नहीं हुई थी। हम एक दूसरे की ओर आश्चर्य से देख रहे थे। क्या पेरिस, उसके किले और तोप, सब गायब हो गये?... मैं मोनमोरांस में पहुँचा; वहाँ से उत्तरी पेरिस का विस्तृत दृश्य देखा जा सकता था। पर यहाँ भी पूर्ण शांति थी। मुझे तीन सैनिक मिल गये; मैं उनसे बातें करने लगा। वे यह मानने के लिये तैयार थे की संधि का उपक्रम चल रहा है, क्योंकि सुबह से गोली या बम की एक भी आवाज नहीं सुनायी दे रही है...

मैं आगे गोनेस की आर बढ़ा। मेरे आश्चर्य का ठिकाना न रहा, जब मुझे पता चला कि जर्मन सैनिक 8 बजे सुबह से ही तड़ातड़ गोलियां चला रहे हैं। दक्षिणी हिस्से में भी बमबाजी करीब श्राठ बजे ही शुरू हो गयी थी। लेकिन मोनमोराँस में कोई श्रावाज नहीं श्रा रही थी। यह सब हवा पर निर्भर करता था: श्राज हवा ध्वनि को प्रसारित नहीं होने दे रही थी, और कल उसे दूर-दूर तक फैला रही थी। "

ऐसी संवृतियां 1914-1918 की लड़ाइयों में भी अवलोकित हुई थीं।

### ध्वमिहीन ध्वनि

ऐसे भी लोग हैं जो झींगुर-गान या चमगादड़ की चीख जैसी तीखी ध्यिन नहीं सुन पाते। ये लोग बहरे नहीं हैं, — उनके कान ठीक-ठाक हैं, फिर भी वे ऊँची तान नहीं सुन पाते। विख्यात श्रंग्रेज भौतिकविद का कहना था कि कुछ लोग गौरैये की ग्रावाज भी नहीं सुन पाते!

हमारे कान हमारे गिर्द के सभी कंपनों को नहीं सुन पाते। यदि पिंड एक सेकेंड में 16 से कम कंपन करता है, तो हमे ध्विन सुनायी नहीं देती। यदि वह सेकेंड में 15-22 हजार से ग्रधिक कंपन करता है, तो भी हमें कोई ग्रावाज नहीं सुनायी देती। तान सुनने की ऊपरी सीमा भिन्न लोगों के लिये भिन्न होती है। वृद्ध लोगों के लिये ऊपरी सीमा सिर्फ 6 हजार कंपन प्रति सेकेंड वाली तान होती है। इसी कारण से यह विचित्न बात देखने को मिलती है कि कान बेधने वाली तीखी ध्विन कुछ लोग श्रच्छी तरह से सुनते हैं ग्रौर कुछ लोग बिल्कुल नहीं सुन पाते।

ग्रनेक कीड़े-मकोड़े (जैसे मच्छड़, झींगुर) ऐसी ग्रावाजें निकालते हैं, जिसकी तान प्रति सेकेंड 20 हजार कंपन वाली होती है। कुछ लोग इसे सुन सकते हैं भौर कुछ के लिये इसका कोई ग्रस्तित्व नहीं होता। उच्च तान के प्रति ग्रसंवेदनशील लोग जहाँ पूर्ण नीरवता का रस लेते हैं, दूसरे लोगों को तीखी ध्वनियों का बेतरतीब शोर सुनायी देता रहता है। टिंडल बताते हैं कि उन्हें एक ऐसी घटना देखने का ग्रवसर मिला था, जब वे ग्रपने एक मित्र के साथ स्वीटजरलैंड में टहल रहे थे: "रास्ते के दोनों तरफ मैदानी घास कीड़े-मकोड़ों से भरा हुग्रा था, जो हवा में तरह-तरह से भनभनाहट ग्रीर चर्राहट की ग्रावाज फैला रहे थे। मेरा मित्र इन ग्रावाजों को बिल्कुल नहीं सुन पा रहा था; उसके लिये कीड़े-मकोड़ों के "कलरव" का कोई ग्रस्तित्व नहीं था।

चमगादड़ की चीख फतींगों के तीखे स्वर से पूरा एक सरगम (श्रीक्टेव) नीचे है, श्रर्थात उससे हवा में होने वाले कंपन की बारंबारता दुगुनी कम है। पर ऐसे लोग भी मिल जाते हैं, जिनकी ध्वनि-ग्राह्मता इससे भी कम है श्रीर उनके लिये चमगादड़ एक मूक जंतु हैं।

इसके विपरित , पावलोव की प्रयोगशाला में निर्धारित किया गया था कि कुत्ते 38 हजार कंपन प्रति सेकेंड वाली तान भी सुन सकते हैं।

#### प्रविधि में पराघ्वनि

म्राघ्रुनिक भौतिकी व प्राविधि के पास ऐसे साधन हैं, जो ऊपर बतायी गयी घ्विनयों से कहीं म्रधिक बारंबारता वाली "घ्विनहीन घ्विन" उत्पन्न कर सकते हैं। इन "पराघ्विनयों का कंपन 10 000 000 000 प्रति सेकेंड तक पहुँच सकता है।

पराघ्विनिक (या परास्विनिक) कंपन प्राप्त करने की एक विधि स्फिटिक (क्वार्ट्स) के निम्न गुण पर स्राधारित है: उसके किस्टल को विशेष ढंग से काट कर प्राप्त किये गये पत्तर को संपीडित करने (दबाने) से पत्तर की सतह पर विद्युत के स्रावेश उत्पन्न हो जाते हैं। इसके ठीक उल्टा, यदि ऐसे पत्तर को स्रावर्ती विद्युतावेश दिया जाये, तो वह बारी-बारी से संपीडित व प्रसारित होने लगता है, स्रर्थात् वह कंपनमय हो जाता है स्रौर उसका कंपन परास्विनक होता है। पत्तर को स्राविष्ट करने के लिये रेडियो-प्रविधि में प्रयुक्त निलका-जिन्द्र की मदद ली जाती है, जिसकी स्रावृत्ति पत्तर की तथाकथित "निजी" स्रावृत्ति के स्रनुरूप चुनी जाती है।

परास्विन को हम सुन नहीं पाते, पर उसका प्रभाव कई म्रन्य रूपों में व्यक्त होता है भीर काफी प्रकट रूपों में व्यक्त होता है। उदाहरणार्थ, यिद कंपनरत पत्तर को तेल के बरतन में डुबा दिया जाये, तो परास्विनक कँपकपी के मारे द्रव की सतह पर करीब 10 cm ऊँचा 'टीला' बन जाता है भीर तेल के छींटे चालिस-चालिस सेंटीमीटर तक उड़ने लगते हैं। एक मीटर लंबे काँच के छड़ का एक सिरा इस तेल में डुबाइये भीर दूसरा हाथ में पकड़े रिहये; हाथ में फोड़ा पड़ जायेगा। कंपनरत छड़ के सिरे को लकड़ी से सटायेंगे, तो छड़ लकड़ी को जलाता हुम्रा उसमें छेद कर देगा; परास्विनक ऊर्जा तापीय ऊर्जा में परिणत हो जाती है।

सोवियत संघ श्रौर इसके बाहर परास्विन का गहन श्रध्ययन चल रहा

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> इसे पीडविद्युत (या दाबविद्युत) कहते हैं।

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> क्वार्ट्स के क्रिस्टल परास्विन के महंगे तथा क्षीण स्रोत हैं, इसीलिये इनका उपयोग प्रयोगशालाग्रों तक ही सीमित है। प्राविधिक उपयोग के लिये बेरियम टाइटेनेट की मृत्तिका जैसे पदार्थों को कृतिम रूप से संश्लिष्ट किया गया है।

है। ये कंगन राजीव ग्रंगों पर गंभीर ग्रसर डालते हैं: समुद्री घास के रेशे कृष्ट जाते हैं, जीव-कोशिकायें फट जाती हैं, रक्त-कोशिकायें विघटित हो जाती हैं; छोटी मछलियां ग्रौर मेढ़क परास्विन के प्रभाव से 1-2 मिनट के पंतर मृत हो जाते हैं; प्रयोगाधीन जीव (जैसे चूहे) का तापक्रम 45°C तक पहुँच जाता है। परास्विनक कंपनों का व्यवहार चिकित्सा में ला रहा है; ग्रदृश्य पराबैंगनी किरणों की तरह ही ग्रश्रव्य परास्विन भी गोगों से लडने के काम ग्रा रही है।

धातुकर्म में परास्विन के उपयोग विशेष रूप से सफल रहे हैं; इससे धातु की श्रशुद्धियाँ, हवा के बुलबुलों के कारण उसमें बनी गुफाओं, महीन गरार ग्रादि का पता लगाया जा सकता है। विचाराधीन धातु को तेल में धिगा देते हैं और उस पर परास्विनक कंपन का प्रयोग करते हैं। धातु में जिन जगहों पर श्रशुद्धियाँ होती हैं, वहाँ परास्विन प्रकीर्णित होने लगती है। प्रकीर्णन की "छाया" तेल की सतह पर पड़ती है; शुद्ध-धातु वाले भीय पर तेल की सतह का रूप कुछ और होता है और श्रशुद्धता वाले क्षेत्र पर - कुछ श्रीर। श्रंतर इतना स्पष्ट होता है कि इसका फोटो-चित्र लिया जा

परास्विन द्वारा पूरा एक मीटर मोटे धातु के टुकड़े के श्रार-पार "देखा" जा सकता है। एक्स-िकरणें इतने मोटे धातु के पार नहीं जा सकतीं। इसके धित्रिक्त, परास्विन की सहायता से धातु में स्थित एक मिलिमीटर चौड़ाई । क का श्रशुद्धि-क्षेत्र ज्ञात किया जा सकता है। इन बातों के श्राधार पर कहा जा सकता है कि परास्विनक कंपनों का भविष्य काफी उज्जवल है। 2

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> परास्विनिक अशुद्धिदर्शी-विधि 1928 में सोवियत वैज्ञानिक एस . या. सोकोलोव द्वारा प्रस्तावित की गयी थी। आजकल परास्विनिक कंपनों के विशेष संग्राही बन चुके हैं, जिनके कारण तेल की आवश्यकता नहीं पड़ती श्रीर अशुद्धि ज्ञात करने में विशेष झंझट का सामना नहीं करना पड़ता।— संपादक।

² परास्विन प्रकृति में भी पायी जाती है। हवा के शोर ग्रीर सागर की गर्जन में भी ऐसे कंपन हैं, जो परास्विन के ग्रनुरूप हैं। कई सजीव प्राणी (जैसे तितिलयां, सिकाड नामक शलभ) परास्विन उत्पन्न करने की क्षमता रखते हैं। चमगादड़ उड़ते वक्त परास्विनक संकेत छोड़ता रहता है, जो

## लीलीपुट ग्रौर गुलीवर के स्वर

सोवियत फिल्म "नया गुलीवर" में लीलीपुट अपने नन्हे कंठों श्रौर ध्विन-उत्पादक नन्ही पेंशियों के कारण पतली आवाज में बोलते हैं श्रौर विशाल पेत्या-मोटे आवाज में। सूटिंग के वक्त बात-चीत में लीलीपुट की भूमिका वयस्क कलाकार अदा कर रहे थे श्रौर पेत्या की — एक छोटा सा बच्चा। फिर उनके स्वर की तान में आवश्यक परिवर्तन कैसे लाया गया? मुझे काफी आश्चर्य हुआ, जब फिल्म-निर्देशक प्तुश्को ने बताया कि सूटिंग के वक्त कलाकार अपने स्वाभाविक स्वर में ही बोल रहे थे। आवाज बदलने के लिये एक मौलिक विधि का उपयोग किया गया था, जो ध्विन की भौति-कीय विशेषताओं पर आधारित थी।

लीलीपुटों की आवाज को पतली और पेत्या की आवाज को मोटी बनाने के लिये निर्देशक ने लीलीपुटों का अभिनय करने वाले कलाकारों की आवाज की रिकार्डिंग वीमी गित में की और पेत्या की – तेज गित में। पर्दे पर चित्र साधारण गित से प्रक्षिप्त किये जाते है, अतः निर्देशक की चालाकी का क्या फल हुआ होगा, समझना किन नहीं है। श्रोता लीलीपुट की आवाज साधारण ध्वनि-कंपनों में नहीं, तीत्र की गयी ध्वनि-कंपनों में सुन रहे थे और पेत्या की आवाज वीमी की गयी ध्वनि-कंपनों में सुन रहे थे। कंपन की तीत्रता बढ़ने से आवाज पतली हो जाती है और कम होने से आवाज मोटी हो जाती है।

फल यह होता है कि लीलीपुटों की स्नावाज साधारण से पाँच स्वर ऊँची हो जाती है स्रौर गुलीवर पेत्या की - पाँच स्वर नीची।

इस प्रकार "समय विशालक" का प्रयोग ध्विन की तान बदलने के लिये किया गया था। चाबी से चलने वाले ग्रामोफोन में जब रिकार्ड की गित साधारण से तेज या मंद हो जाती है, तो यही बात देखने को मिलती है।

मार्ग में स्थित बाधा से परावर्तित होकर चमगादड़ को बता देते हैं कि ग्रमुक दिशा में नही उड़ना चाहिये। – संपादक।

## दिन में दो बार दैनिक पत्र

ग्रभी हम एक समस्या पर विचार करने जा रहे हैं, जिसका भौतिकी या ध्विन के साथ कोई संबंध नहीं लगता। फिर भी ग्राप इस पर ध्यान दें; इससे ग्रागे की सामग्री सुलभ हो जायेगी।

इस तरह के प्रश्न ग्रापने दूसरे रूपों में सुना होगा। मास्को से ब्लादी-वस्तोक जाने के लिये हर दिन दोपहर को एक गाड़ी छूटती है। ब्लादीवस्तोक से मास्को ग्राने वाली गाड़ी भी हर दिन दोपहर को चलती है। मान लें कि एक तरफ की याता दस दिनों की है। प्रश्न है: यदि ग्राप ब्लादीव-स्तोक से मास्को ग्रा रहे हैं, तो ग्रापको मास्को से लौटती कितनी गाड़ियाँ रास्ते में मिलेंगी?

ग्रक्सर उत्तर मिलता है: 10 पर यह गलत है। श्रापको रास्ते में सिर्फ वे ही गाड़ियाँ नहीं मिलेंगी, जो श्रापके रवाना होने के बाद मास्को से चलती हैं, बल्कि वे भी, जो पहले से चल चुकी हैं ग्रौर श्रभी रास्ते में हैं। सही उत्तर 10 नहीं 20 होगा।

श्रागे बढ़ें। मास्को से चलने वाली हर गाड़ी श्रपने साथ ताजे समाचार-पत्न ले जाती है। यदि श्राप समाचारों में रूचि रखते हैं, तो जाहिर है कि हर स्टेशन पर श्राप श्रखबार खरीदने की कोशिश करेंगे। श्रपनी दस-दिवसीय यात्रा में श्राप के द्वारा खरीदे गये ताजे समाचार-पत्नों की संख्या क्या होगी?

इस बार सही उत्तर (20) बताने में ग्रापको किठनाई नहीं होगी। रास्ते में मिलने वाली हर गाड़ी श्रपने साथ ताजे समाचार पत्न लाती है श्रौर चूँकि ग्रापको यात्ना के दरम्यान 20 गाड़ियां मिलती हैं, ग्राप 20 ग्रखबार खरीदेंगे। लेकिन ग्राप की यात्ना सिर्फ दस दिनों की है, ग्रतः ग्राप दिन में दो बार दैनिक पत्र पढ़ेंगे!

इस निष्कर्ष की आपने उम्मीद नहीं की होगी और आपने विश्वास नहीं किया होता, यदि व्यवहार में स्वयं इसे परखने का मौका आपको नहीं मिलता। आप कम से कम यही याद कीजिये कि सेवस्तोपोल से लेनिनग्राद की द्वि-दिवसीय याता में आपको लेनिनग्राद के चार अखबार पढ़ने को मिले थे: दो दिन के अखबार, जो आपकी रवानगी से पहले निकल चुके थे और दो अखबार, जो आपकी याता के दरम्यान निकले थे। अब आप जानते हैं कि राजधानी के दैनिक पत्न किसके लिये दिन में दो बार निकलते हैं: उन यातियों के लिये, जो गाड़ी से राजधानी की ओर आ रहे हैं।

### इंजन की सीटी

यदि ग्रापके कान संगीत के लिये ग्रच्छे हैं, तो ग्रापने ध्यान दिया होगा कि सामने से ग्राती गाड़ी की सीटी की तान (तान ही, ध्विन की प्रबलता नहीं) कैसे परिवर्तित होती है। जबतक दोनों गाड़ियां एक दुसरे के निकट ग्रा रही होती हैं, तान ऊँची रहती है, पर जब वे एक दूसरे से दूर होने लगती हैं, तो तान नीची ही जाती है। यदि दोनों गाड़ियों का वेग 50 किलोमीटर प्रति घंटे का है, तो ध्विन की उच्चता में पूरी एक तारता का ग्रंतर हो जाता है।

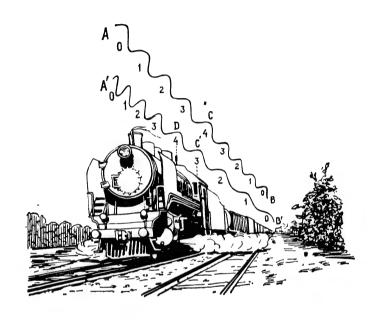
क्या कारण है इसका?

कारण समझने में दिक्कत नहीं होगी, यदि ग्राप स्मरण करेंगे कि तारता की ऊँचाई प्रति सेकेंड की कंपन-संख्या पर निर्भर करती है। ग्रब ग्राप पिछले प्रक्त के साथ इसकी तुलना करें। ग्राने वाली गाड़ी की सीटी से एक नियत बारंबारता (ग्रावृत्ति) वाली ही ध्विन निकलती है। पर ग्रापके कान द्वारा ग्रहित कंपनों की संख्या इस बात पर निर्भर करती है कि ग्राप उस गाड़ी के निकट ग्रा रहे हैं या उससे दूर जा रहे हैं।

जिस प्रकार मास्को की यात्रा के दौरान मास्को से दिन में एक बार निकलने वाले पत्न ग्राप दिन में दो बार खरीदते हैं, उसी प्रकार ध्वनि-स्रोत के निकट ग्राते वक्त ग्राप के कान प्रति सेकेंड ग्रधिक कंपन ग्रहण करते हैं, बिनस्बत कि जितना इंजन की सीटी देती है। लेकिन यहाँ ग्राप तकं नहीं करते: ग्राप के कान प्रति सेकेंड ग्रधिक कंपन ग्रहण करती है ग्रौर ग्राप प्रत्यक्ष रूप से ग्रधिक ऊँची तारता की ध्विन सुनने लगते हैं। दूर होते वक्त ग्राप कम संख्या में कंपन ग्रहण करते हैं, – ग्रौर ग्रापको कम नीची तारता सुनायी देती है।

यदि उपरोक्त व्याख्या श्रापके लिये पर्याप्त नहीं है, तो मन ही मन देखने की कोशिश करें कि इंजन की सीटी से ध्विन किस प्रकार प्रसारित होती है। पहले खड़ी इंजन की सीटी पर गौर करें (चित्र 154)। सीटी के कारण इवाई तरंगें उत्पन्न होती हैं। सरलता के लिये हम सिर्फ चार तरंगों को देखेंगे (चित्र में ऊपरी लहरदार रेखा): खड़ी इंजन से तरंगे नियत काल के दरम्यान हर दिशा में समान दूरियाँ तय करती हैं। तरंग न. 0 प्रेक्षक A तक ग्राने में उतना ही समय लगायेगी जितना प्रेक्षक B तक पहुँचने में। इसके बाद दोनों प्रेक्षकों तक समान कालांतरों में कमश:

तरंग न . 1, 2, 3, आदि पहुँचेगी। दोनों प्रेक्षकों के कर्ण-पटों द्वारा अनुभूत धक्कों की संख्या प्रति सेकेंड समान होगी और इसीलिये दोनों ही समान तारता के स्वर सुनेंगे।



चित्र 154. इंजन की सीटी से संबंधित समस्या। ऊपर – खड़े इंजन से निकलती ध्वनि-तरंगें, नीचे – वही, गतिमान इंजन से।

यदि इंजन B से A की स्त्रोर गितमान है, तो बात दूसरी होगी (निचली लहरदार रेखा देखें)। मान लें कि स्रारंभ में सीटी बिंदु  $C^1$  पर थी स्त्रीर चार तरंगे छोड़ चुकने के बाद वह D पर पहुँच जाती है।

ग्रब देखें कि तरंगों का प्रसारण किस प्रकार होता है। बिंदु  $C^1$  से निकली तरंग न . 0 प्रेक्षकों  $A^1$  ग्रीर  $B^1$  तक एक साथ पहुँचेगी। पर बिंदु D पर बनी चौथी तरंग उन तक एक साथ नहीं पहुँचेगी: पथ  $DA^1$  पथ  $DB^1$  से काफी कम है। ग्रत: चौथी तरंग  $B^1$  की ग्रपेक्षा  $A^1$  तक पहले

पहुँचेगी। बीच की तरंगें  $-\pi$ . 1 स्त्रौर  $\pi$ . 2-भी  $A^1$  पर पहले पहुँचेंगी स्त्रौर B' पर बाद में। पर पहुँचने के समयों में स्रंतर कम होगी फल यह होगा कि बिंदु  $A^1$  पर ध्विन-तरंगे स्रधिक बार ग्रहण की जायेंगी, बिनस्बत की  $B^1$  पर :  $A^1$  पर स्थित प्रेक्षक को उच्च तारता का स्वर सुनायी देगा स्त्रौर  $B^1$  पर - निम्न तारता का। साथ ही स्राप चित्र से यह भी देख सकते हैं कि  $A^1$  की दिशा में तरंगों की लंबाई कम है स्रौर  $B^1$  की दिशा में स्रधिक है। 1

# डोप्लर- संवृत्ति

ऊपर बतायी गयी संवृत्ति की खोज भौतिकविद डोप्लर ने की थी ग्रौर उसे डोप्लर के ही नाम से पुकारते हैं। वह सिर्फ ध्विन के लिये नहीं, प्रकाश के लिये भी ग्रवलोकित होती है, क्योंकि प्रकाश भी तरंग के रूप में प्रसारित होता है। तरंगों की संख्या (जो ध्विन की स्थिति में तारता के रूप में सुनायी देती है) प्रकाश की स्थिति में ग्रांखों द्वारा रंग के रूप में ग्रहण की जाती है।

डोप्लर का नियम खगोलशास्त्रियों को यह निर्धारित करने की विधि देता है कि कोई तारा हम से दूर जा रहा है या हमारी श्रोर श्रा रहा है। इस नियम से तारे का वेग भी ज्ञात किया जा सकता है।

खगोलशस्त्रियों को इसमें मदद मिलती है काली रेखाम्रों से, जो नक्षत्रों के स्पेक्ट्रम को खंडों में बाँटती हैं। यदि ध्यानपूर्वक म्रध्ययन किया जाये कि ये रेखायें किस म्रोर म्रौर कितनी स्थानांतरित हैं, तो म्रनेक महत्त्वपूर्ण

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> यहाँ इस बात को ध्यान में रखना चाहिये कि चित्र की लहरदार रेखायें ध्वनि-तरंगों के रूप को सही-सही व्यक्त नहीं करतीं: हवा में कणों का कंपन ध्वनि की दिशा के अभिलंब नहीं, उसके अनुतीर होता है। ध्वनि की दिशा के अभिलंब कंपन से उत्पन्न तरंगों को सिर्फ दृश्य-सुगमता के लिये दिखाया गया है। ऐसी तरंग का कूबड़ ध्वनि की अनुतीरी तरंग में कणों के महत्तम संपीडन का समतुल्य है।

सूचनार्ये प्राप्त हो सकती हैं। डोप्लर-संवृत्ति से ही हम जानते हैं कि चमकदार लुब्धक (Sirius) हर सेकेंड हम से 75 km दूर होता जाता है। यह तारा हमसे इतनी विराट दूरी पर स्थित है कि उससे करोड़ों किलोमीटर दूर होते रहने पर भी उसकी चमक में कोई ग्रंतर नहीं दिखता। बिना डोप्लर-संवृत्ति की सहायता लिये हम इस नक्षत्र की गति के बारे में सोच भी नहीं सकते थे।

यह इस बात का ज्वलंत उदाहरण है कि भौतिकी सचमुच ही सर्वव्यापक नियमों का ग्रध्ययन करने वाला विज्ञान है। कुछ एक मीटर लंबाई वाली ध्विन-तरंगों के ग्रध्ययन से प्राप्त परिणामों को वह नन्ही प्रकाश-तरंगों पर लागू करती है, जिसकी लंबाई मिलिमीटर के हजारवें-लाखवें ग्रंश के बराबर होती है ग्रौर इस ज्ञान का उपयोग कर के ग्रनंत ब्रह्मांड में गतिशील ग्रसंख्य सुर्यों की गति-विधि का चित्र प्राप्त कर लेती है।

## किस्सा एक जुर्माने का

जब डोप्लर पहली बार (1842 में) इस निष्कर्ष पर पहुँचे कि ध्विन या प्रकाश के तरंगों की प्रित सेकेंड संख्या प्रेक्षक ग्रौर ध्विन या प्रकाश के स्रोत की ग्रापसी दूरी के बढ़ने या घटने पर निर्भर करती है, तो उन्हों ने तारों के रंगीन होने की बात इसी नियम से समझाने की कोशिश की। वे सोचते थे कि सभी तारे ग्रपने ग्राप में सफेंद रंग के सूर्य हैं। वे हमें रंगीन लगते हैं, क्योंकि वे हमारे सापेक्ष तेजी से गित करते रहते हैं। तेजी से हमारी ग्रोर बढ़ने वाले सफेंद तारे पृथ्वी पर तरंगों को छोटी कर के भेजते हैं, इसीलिये प्रेक्षक की ग्रौंखों को हरे, नीले या बैंगनी रंग की ग्रनुभूति होती है। इसके विपरीत, हमसे दूर भागते सितारे से निकलती प्रकाश-तरंगों की लबाइयां बड़ी हो जाती हैं, ग्रौर हमें पीले या लाल रंग की ग्रनुभूति होती है।

विचार मौलिक था, पर गलत था। सितारों के रंग में कोई परिवर्तन दिखे, इसके लिये ग्रावश्यक है कि उनका वेग हजारों-लाखों किलोमीटर प्रति सेकेंड का हो। पर इतना ही काफी नहीं है: बात यह है कि निकट ग्राते तारे का नीला रंग यदि बैंगनी में बदलता, तो साथ ही साथ हरा रंग नीले में बदल जाता, पराबैंगनी की जगह बैंगनी रंग ले लेता, लाल की —

भ्रवरक्त, भ्रादि। फल यह होता कि श्वेत रंग के सारे भ्रवयव पहले की तरह ही मौजूद रहते ; स्पेक्ट्रम में सारे रंगों के स्थानांतरण के बावजूद हमारी भ्रांखें कोई परिवर्तन नहीं देख पातीं।

प्रेक्षक की म्रोर म्राते हुए तारे के स्पेक्ट्रम में काली रेखाम्रों के स्थानांतरण की बात दूसरी है: ये स्थानांतरण ग्रच्छे उपकरणों से ज्ञात हो सकते हैं भौर तारों की गति को दृश्य किरणों की सहायता से निर्धारित करने में सहायक होते हैं (ग्रच्छा स्पेक्ट्रमदर्शी तारों का 1 km/s जैसा छोटा वेग भी बता सकता है)।

जब भौतिकविद रौबर्ट वूड को पुलिस लाल बत्ती पर गाड़ी नहीं रोकने का जुर्माना कर रही थी, उन्हें श्रचानक डोप्लर के इस भूल की याद श्रा गयी। बताते हैं कि वुड पुलिस वाले के सामने यह सिद्ध करने लगे कि तेज गित से चलने पर लाल बत्ती हरी दिखने लगती है। यदि पुलिस वाला भौतिकी जानता होता, तो वह हिसाब लगा कर देख लेता कि वैज्ञानिक को इसके ।लये प्रति घंटे 1350 लाख किलोमीटर के वेग से गाड़ी हाँकनी पड़ती।

कलन इस प्रकार से हैं। मान लें कि बत्ती से निकलती प्रकाश-तरंग की लंबाई l है ग्रौर प्रोफेसर को दिखने वाली तरंग की लंबाई l' है।  $v-\eta$ । जो का वेग है ग्रौर  $c-\eta$ । प्रकाश का वेग है। इन परिमाणों की पारस्थिक निर्भरता सिद्धांत से ज्ञात होती है:

$$\frac{l}{l'}=1+\frac{v}{c}.$$

हम जानते हैं कि लाल रंग की ग्रनुभूति उत्पन्न करने वाली तरंगों में से सबसे छोटी की लंबाई  $0.0063\,\mathrm{mm}$  के बराबर होती है ग्रीर हरे रंग की सबसे बड़ी तरंग की लंबाई  $0.0056\,\mathrm{m}$  होती है। सूत्र में ये मान बैठाने से

$$\frac{0.0063}{0.0056} = 1 + \frac{v}{300\,000}$$
,

जिससे गाड़ी का वेग

$$v = \frac{300\,000}{8} = 37\,500$$
 km/s

या 135 000 000 km/h प्राप्त होता है। वुड यदि इस वेग से चल रहे होते, तो एक घंटे से कुछ ग्रधिक समय में सूर्य से ग्रागे निकल जाते। कहते हैं कि जुर्माने से उन्हें छुटकारा नहीं मिली; पुलिस ने उन पर ग्रनुमत वेग से ग्रधिक तेज गाड़ी चलाने का ग्रारोप लगाया।

#### ध्वनि-वेग से

वादक संगीत ग्रारंभ करता है ग्रीर ग्राप ध्विन के वेग से उससे दूर भागने लगते हैं। ग्रापको क्या सुनायी देगा?

डाक-गाड़ी में लेनिनग्राद से चल रहे व्यक्ति को हर स्टेशन पर एक ही तरह के ग्रखबार नजर ग्रायेंगे। ये वे ग्रखबार होंगे, जो उसकी डाकगाड़ी से भेजे जा रहे हैं। नये समाचार पत्र पिछली गाड़ियों से ग्रा रहे हैं। इसके ग्राधार पर यह निष्कर्ष निकल सकता है कि ध्वनि-वेग से वादक को पीछे छोड़ते हुए चलने पर ग्रापको हर समय एक ही ध्वनि सुनायी देगी, — वह ध्वनि, जो वादक के पास से चलते वक्त ग्रापने सुनी थी वह हमेशा ग्रापके पीछे लगी रहेगी।

पर यह निष्कर्ष गलत है। यदि स्राप ध्विन वेग से भाग रहे हैं, तो ध्विन-तरंगों के सापेक्ष स्राप स्थिर हैं; इसलिये तरंगें स्राप के कर्ण-पट पर चोट नहीं करेंगी स्रौर स्राप कुछ भी नहीं सुनेंगे। स्राप सोचेंगे वादक ने बजाना बंद कर दिया है।

पर ग्रखबारों की उपमा से गलत निष्कर्ष क्यों निकला? इसिलये कि हमने निष्कर्ष निकालने के लिये उपमा-विधि का सही प्रयोग नहीं किया है। यात्री एक ही तारीख वाले ग्रखबारों को देख कर यह भी तो सोच सकता है कि ग्रखबारों का प्रकाशन बंद हो गया है। उसके लिये प्रकाशन-गृह ग्रपना ग्रस्तित्व खो बैठता, जैसे भागते स्रोता के लिये संगीत की ध्विन ग्रपना ग्रस्तित्व खो बैठती। रोचक बात यह है कि इस प्रश्न में वैज्ञानिक लोग भी उलझ जा सकते हैं, यद्यिप प्रश्न इतना जटिल नहीं है।

स्कूल के जमाने में मेरी बहस एक ग्रंतिरिक्ष यात्री के साथ चल रही थी (ग्रंब वे नहीं रहे)। वे उक्त तर्क को मानने के लिये तैयार नहीं हो रहे थे ग्रौर बार-बार इस बात पर जोर दे रहे थे कि वादक के पास से ध्वनि-वेग से भागने वाले को लागातार एक ही स्वर सुनायी देता रहेगा। उनका तर्क यह था (उनके पत्न का एक ग्रंश प्रस्तुत है): "मान लें कि एक विशेष तारता की ध्विन गूंजती है। वह पुराने जमाने से गूंजती आ रही है श्रीर भविष्य में भी गूंजती रहेगी। व्योम में स्थित प्रेक्षक कम से एक के बाद एक उसे सुनते जाते हैं (मान लें कि ध्विन की प्रबलता घटती नहीं है)। यदि आप ध्विन-वेग से उड़ते हुए इन प्रेक्षकों के स्थानों पर कमानुसार पहुँचते जाते हैं, तो आपको उन स्थानों पर वह ध्विन क्यों नहीं सुनायी देगी?"

ठीक इसी प्रकार से वे यह भी सिद्ध कर रहे थे कि बिजली चमकने के क्षण प्रकाश-वेग से गतिमान व्यक्ति को ग्राकाश में वह लागातार दिखती रहेगी:

"मान लीजिये, – वे लिखते हैं, – कि व्योम में ग्रांखों की सतत कतार लगी है। इनमें से प्रत्येक को बिजली के प्रकाश की ग्रनुभूति पिछली वाली के बाद ही होगी। ग्रब कल्पना करें कि ग्राप प्रकाश-वेग से इन ग्रांखों के स्थानों पर ऋम से पहुँचते जाते हैं, – तब स्पष्ट है कि बिजली हर समय दिखायी देती रहेगी।"

जाहिर है कि दोनों ही बातें गलत हैं। उक्त स्थितियों में हम न तो ध्विन सुनेंगे, न बिजली देखेंगे। वैसे, यह पृ302 के सूत्र से भी स्पष्ट है; उसमें v=-c रखने पर ग्रहित तरंग की लबाई  $l^1$  ग्रनंत हो जाती है। इसका ग्रथं यही हुग्रा कि तरंग ग्रनुपस्थित है।

\*

"मनोरंजक भौतिकी" समाप्त हो गयी। यदि यह पाठकों में भौतिकी से निकट का परिचय प्राप्त करने की इच्छा जागृत करती है, तो लेखक का लक्ष्य पूरा हो जाता है श्रीर वह संतोषपूर्वक लिख सकता है: